This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

WIDENER LIBRARY
HX GNIQ 4

Digitized by Google

Sci 80.60

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

SCIENCE CENTER LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Bo: 80.60

Digitized by Google

Revue générale

des Sciences

pures et appliquées

TOME DIX-NEUVIÈME

Digitized by Google

Digitized by Google

Revue générale des Sciences

pures et appliquées

PARAISSANT LE 15 ET LE 30 DE CHAQUE MOIS

DIRECTEUR : **Louis OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

TOME DIX-NEUVIÈME

1908

AVEC NOMBREUSES FIGURES ORIGINALES DANS LE TEXTE

Librairie Armand Colin

5, rue de Mézières, Paris

Digitized by Google

HARVARD COLLEGE
NOV 30 1917
LIBRARY
Degrand fund

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 1 15 JANVIER 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 22, rue du Général-Foy, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Les Prix Nobel. — Nos lecteurs ont appris par la presse quotidienne que les Prix Nobel ont été décernés : pour la Médecine, à notre compatriote M. A. Laveran, pour la Physique, au savant américain M. A. A. Michelson, et, pour la Chimie, au savant allemand E. Buchner.

L'œuvre de M. Laveran a été plusieurs fois exposée *ici* même. Depuis l'année 1880, où il fit connaître sa découverte de l'hémoparasite pathogène du paludisme, ce savant s'est consacré avec un zèle infatigable à l'étude de la malaria, puis des autres maladies tropicales, et il a publié sur ces sujets un grand nombre de Mémoires qui font époque dans la science. C'est ainsi qu'en 1884 il mettait en lumière le rôle capital des moustiques dans la propagation de l'hématozoaire, découverte qui a été vérifiée par les recherches de Ross, Manson, Grassi, etc., et qui a complètement transformé la prophylaxie de la fièvre palustre. L'étude de l'*Hemamoeba Malariæ* lui a permis, d'autre part, d'établir l'unité du paludisme.

Enfin, depuis quelques années, M. Laveran s'est attaché à l'étude d'une autre catégorie d'hématozoaires, les Trypanosomes, et des maladies dont ils sont les agents, les trypanosomiases, en particulier la célèbre maladie du sommeil. Les résultats de ses recherches, dans cette branche nouvelle de la Pathologie, sont déjà considérables et ils font entrevoir, dans un avenir prochain, la possibilité de lutter efficacement contre ces redoutables affections, en face desquelles l'homme était jusqu'à présent désarmé.

M. Albert-Abraham Michelson était officier de la Marine des Etats-Unis lorsqu'il se proposa d'entreprendre une nouvelle détermination de la vitesse de la lumière à l'aide de la méthode de Foucault, du miroir tournant, modifiée de manière à permettre au rayon lumineux de parcourir un espace considérable entre son départ et son retour. Dès ce premier travail, M. Michelson montra ses qualités maîtresses dans la combinaison et la construction d'instruments astreints aux conditions les plus délicates. Le nombre qu'il trouva était sensiblement inférieur à celui qui était alors considéré comme le plus probable, et l'exactitude de sa méthode donna lieu à quelques discussions, mais les déterminations ultérieures lui ont donné raison.

Ainsi engagé dans des mesures optiques, M. Michelson est resté fidèle au domaine dans lequel il avait remporté ses premiers succès. Une vérification, déjà tentée par Fizeau, de la formule de Fresnel, indiquant la proportion dans laquelle la lumière est entraînée par les corps en mouvement, lui fournit l'occasion de difficiles expériences, qui mirent hors de doute l'exactitude, au moins très approchée, de la théorie du grand fondateur de l'Optique.

M. Michelson consacra ensuite plusieurs années à une étude des spectres par la méthode de l'interféromètre, qu'il avait considérablement perfectionnée. Il put ainsi reconnaître la remarquable simplicité des raies du cadmium, et concevoir le projet d'une détermination précise de leur position absolue dans le spectre. Invité par le Comité international des Poids et Mesures à mettre en œuvre ses méthodes au Bureau international, il put, avec la coopération de M. Benoît, et en profitant de la grande expérience de la Métrologie amassée au Bureau, exécuter la détermination projetée, dans des conditions d'exactitude réellement inespérées, et ce, en vue de créer un témoin naturel du mètre. C'est de ces mémorables expériences que date l'emploi des raies du cadmium à la fois comme auxiliaires des mesures de précision et comme étalons métrologiques secondaires, dont la valeur, désormais bien connue en fonction des unités métriques, permet d'opérer très exactement la conversion de ces unités en longueurs d'onde définies.

Les déterminations de MM. Michelson et Benoît pouvaient déjà prétendre à une précision de l'ordre du demi-millionième. Leur exactitude était, en réalité, plus grande, puisque leur concordance avec les données des expériences plus précises de MM. Benoît, Fabry et Perot est de l'ordre du dix-millionième.

Les applications, faites par M. Michelson, des méthodes interférentielles à la détermination des diamètres des astres très petits, sont aussi fort intéressantes. Mais surtout il a doté la Physique d'un instrument d'une merveilleuse sensibilité, le spectroscope à échelons, dont le pouvoir séparateur est, dans les conditions des meilleurs instruments construits, sept ou

Digitized by Google

huit fois supérieur à celui des réseaux les plus puissants. Il a appliqué lui-même cet instrument avec beaucoup de succès à l'étude du phénomène de Zeeman.

M. Michelson est, depuis 1893, professeur à l'Université de Chicago, dont il occupa la chaire de Physique dès sa création.

M. Ed. Buchner est professeur de Chimie à l'Université de Berlin. Il est l'auteur de nombreux travaux dans le domaine de la Chimie organique; mais la découverte qui a surtout illustré son nom est celle de l'agent *direct* de la fermentation alcoolique, agent dont Berthelot avait prévu l'existence : il a montré que le dédoublement des sucres en alcool et acide carbonique est dû à un ferment soluble qui se trouve dans le protoplasma des cellules de levure et qu'il a pu en extraire par broyage et pression. Au moyen de son « suc de levure », M. Buchner a mené à bien un grand nombre de recherches qui ont considérablement enrichi nos idées sur le mécanisme des fermentations.

§ 2. — Astronomie

L'Expédition Lowell dans les Andes, pour l'observation de Mars. — L'Expédition Lowell, dans les Andes, confiée par cet éminent astronome au Professeur David Todd, de Amherst, est rentrée à Lima (Pérou) le 7 septembre dernier. Le principal instrument de l'Expédition était une lunette Clark de 460 mm, qui avait été démontée à Amherst et transportée dans les Andes, spécialement pour observer et photographier la planète Mars pendant l'opposition de 1907.

Dans ce but, le Professeur Lowell avait fait construire par Gaertner, de Chicago, un appareil pour la photographie planétaire, d'après un dessin de Lampland, et muni d'un écran coloré de Wallace, spécialement adapté à l'objectif de Amherst. On peut évaluer à environ 7.000 le nombre des photographies de Mars prises entre le 18 juin et le 1er août, avec des plaques ortho et isochromatiques de Seed et Cramer. M. Earl C. Slipher s'était longuement préparé pour ce travail pendant les mois précédents, auprès de M. Lampland, et sous la direction de M. Lowell, en son Observatoire de Flagstaff, dans l'Arizona.

M. Todd avait choisi comme première station pour l'Expédition un point situé presque au centre du désert de Tarapacá, au nord du Chili, dans la pampa élevée qui, autrefois, appartenait au Pérou. C'est à Oficina Alianza, à 21° de latitude sud, et à environ 96 kilomètres au sud-est d'Iquique, que l'Expédition s'installa. La planète Mars s'élevait là, à son passage au méridien, jusqu'à 6° du zénith et se présentait donc en de bonnes conditions d'observation. En outre, l'atmosphère, presque constamment pure jour et nuit, était à peu près tout le temps stable la nuit, la netteté de la vision étant rarement au-dessous de 3, et approchant quelquefois de 4 1/2 sur une échelle de 5 adoptée pour la visibilité.

Les observations directes et les photographies obtenues par les astronomes de l'Expédition prouvent l'extrême avantage de ces conditions atmosphériques. Presque toutes les photographies montrent les lignes encore si énigmatiques, qui ont reçu le nom de « canaux » de Mars, ainsi que des oasis ; une vingtaine de plaques reproduisent fidèlement, sans aucun doute possible, les canaux doubles. Les photographies directes mesurent en diamètre 4mm,7, et ont été obtenues avec une durée d'exposition variant de une seconde et demie à deux secondes. Plusieurs d'entre elles supportent un agrandissement de trois à quatre diamètres. La définition supérieure de ces images est due, particulièrement, à cette circonstance très favorable qu'à Alianza l'air était non seulement pur et stable, mais aussi absolument calme la nuit, sans même que le plus léger zéphyr fît vibrer la lunette qui était montée en plein air, sans aucun abri, protégée seulement, pendant le jour, contre les rayons du soleil. Le travail est beaucoup plus simple dans cette situation que sous le dôme d'un observatoire, et il est regrettable que l'on ne puisse pas toujours agir ainsi. En tout cas, il semblera étrange aux astronomes de la Mission Lowell d'observer, désormais, sous une coupole.

Les canaux que la photographie montre doubles sont, entre autres : l'Euphrate, le Nilokeras, le Thoth, l'Amenthes, le Géhon, l'Astaboras et le Phison. Les plaques montrent aussi une remarquable variation d'étendue des calottes polaires, jusqu'alors incomplètement enregistrée, et le séjour de l'Expédition à Alianza a été suffisamment prolongé pour permettre aux astronomes de prendre des photographies du tour entier du monde martien.

Parmi les autres travaux de cette Mission scientifique, il convient de signaler une série de dessins et de photographies de la disparition des anneaux de Saturne, ainsi que des observations directes et photographiques de l'éclipse annulaire de Soleil du 10 juillet 1907, pendant laquelle le ciel est resté sans nuages.

Pendant leur voyage de retour vers Lima, les membres de l'Expédition ont minutieusement étudié, en vue des observations futures qui pourraient être faites, les conditions atmosphériques des Andes supérieures du Pérou, et ont trouvé plusieurs stations excellentes à une altitude élevée, variant de 2.500 à 5.000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ces considérations du Professeur Todd viennent d'être exposées par lui-même dans la revue américaine bien connue *Popular Astronomy*. Il les a complétées dans un article du *Boston Herald*, dans lequel il explique que les photographies embrassent une série complète de tout l'ensemble de la surface de Mars, depuis un pôle jusqu'à l'autre, ce qui l'a conduit à construire un nouveau globe de la planète Mars, comme M. Flammarion l'avait fait en 1898. Sa conclusion est que les aspects de Mars indiquent une œuvre humaine dans ce réseau géométrique de canaux qui couvre presque entièrement la surface de ce globe, et dont il n'est plus possible maintenant de douter après cet enregistrement photographique.

§ 3. — Physique

La quatrième Conférence générale des Poids et Mesures. — La *Revue* a donné déjà, dans son numéro du 30 octobre 1907, un résumé très succinct des travaux accomplis par la Conférence des Poids et Mesures qui venait de se réunir au Pavillon de Breteuil. Au moment où les comptes rendus de cette importante réunion, publiés par l'éminent professeur Blaserna, secrétaire de la Conférence, sont adressés aux Gouvernements des Etats signataires de la Convention du Mètre, il est intéressant de reproduire les principaux passages des discours prononcés à la séance d'ouverture de cette Conférence, qui, en traçant le programme de ces travaux, résument admirablement, à des points de vue divers, les grands progrès récemment réalisés dans la haute Métrologie, aussi bien que dans la constitution même et dans l'expansion mondiale du système métrique.

Il appartenait à M Pichon, ministre des Affaires étrangères, qui présidait la séance d'ouverture, d'exposer les principaux événements qui se sont produits, au cours de ces dernières années, dans le domaine législatif:

« Depuis votre dernière réunion, a-t-il dit, des faits importants ont affirmé le développement de cette œuvre :

« Le Dominion du Canada a adhéré à la Convention du Mètre, et il s'est fait représenter pour la première fois à votre Conférence.

« Le Danemark, où il n'existait pas de loi généralisant le système métrique, bien qu'il y fût très répandu, vient d'en ordonner l'usage dans un délai qui ne pourra dépasser trois ans.

« Se rendant aux avis que vous aviez si fortement motivés, la France a également modifié sa législation. Elle a, par une loi du 11 juillet 1903, changé la base de

Digitized by Google

son système métrique. Aux étalons des Archives, sur lesquels il se fondait depuis la loi du 19 frimaire an VIII, elle a substitué le mètre international et le kilogramme international, sanctionnés par la Conférence générale de 1889 et déposés au Pavillon de Breteuil; elle a, de plus, reconnu comme étalons légaux les copies des prototypes internationaux déposées aux Archives nationales.

« Ces dispositions n'ont pas seulement mis fin à une anomalie constatée par la Conférence générale de 1901 ; elles ont fait bénéficier la France de l'accroissement considérable de sécurité apporté aux bases fondamentales du système métrique par la création de prototypes, qui, grâce au choix du métal et au mode de construction, se prêtent beaucoup mieux que les anciens aux comparaisons et sont, par leur nature, moins altérables. Ainsi, la France, malgré les souvenirs que lui rappelait le mètre des Archives, a consenti à ne plus lui attribuer que la valeur d'une pièce historique et à sanctionner à son tour, comme prototypes du système métrique, les étalons de Sèvres. »

M. Fœrster, le vénéré président du Comité international des Poids et Mesures, s'est attaché plus particulièrement, dans une réponse au ministre, aux questions techniques abordées et résolues par les récents travaux du Bureau international, que notre précédente chronique n'avait pu que mentionner brièvement :

« L'importance capitale de la conservation des unités métrologiques pour toutes les sciences, et même pour l'humanité tout entière, exige que rien ne soit négligé pour s'en assurer.

« En conséquence, presque immédiatement après la confection et le sanctionnement des nouveaux prototypes, représentant déjà un progrès considérable de la garantie contre les changements possibles des unités métriques, le Comité a organisé, en commun avec M. Michelson, la première série de comparaisons du mètre avec les longueurs d'ondes lumineuses fondamentales, prises comme repères et, pour ainsi dire, comme témoins des prototypes; et la seconde série de comparaisons du mètre avec ces longueurs naturelles, qui, après un intervalle de quinze ans, a été achevée dans le courant de cette année, paraît déjà, quant au degré de permanence de nos prototypes, donner, par leur rapport avec ces phénomènes obéissant probablement à des lois d'une constance séculaire encore plus assurée, un premier contrôle aussi satisfaisant qu'on eût pu l'espérer.

« La nouvelle série de déterminations a été le résultat de l'application de méthodes créées par deux savants français d'une haute distinction, MM. Pérot et Fabry, dont la collaboration avec notre éminent directeur, M. Benoît, a pu être obtenue pour notre œuvre.

« Une grande partie du travail expérimental consacré à cette recherche a été exécutée dans le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, dont les locaux se prêtaient mieux à ces travaux que ceux de notre observatoire du Pavillon de Breteuil. Ainsi, la France, qui nous donne déjà en permanence l'hospitalité si large consacrée par la Convention de 1875, n'hésite pas à l'étendre encore toutes les fois que l'intérêt de notre œuvre le fait désirer.

« Une autre détermination fondamentale achevée depuis la dernière Conférence, la détermination du volume du kilogramme d'eau, n'a pas seulement une grande importance pour toutes les mesures de volume demandées dans les recherches chimiques et physiques, ainsi que dans la technique de précision; l'importance de cette détermination s'est trouvée accrue encore par le fait qu'elle a contribué à développer les applications des ondes lumineuses comme moyens d'une extrême sensibilité pour la mesure des dimensions de corps réguliers limités par des surfaces d'une grande perfection, et particulièrement de corps transparents, en verre ou en quartz.

« On a acquis ainsi la possibilité d'établir des relations extrêmement précises entre les dimensions métriques d'étalons construits en quartz et celles d'étalons en platine iridié. Et, de cette manière, il deviendra possible d'assurer des relations fondamentales entre trois systèmes différents de représentation des unités métriques : un système résultant entièrement de procédés de *fabrication*, comme les étalons de *platine iridié*; un autre système utilisant une matière naturelle à l'état *cristallisé*, comme des constructions en *quartz*; enfin, un système fourni exclusivement par la Nature elle-même, comme les longueurs des ondes lumineuses.

« L'étude approfondie de toutes les déterminations antérieures du volume du kilogramme d'eau, depuis la fondation du système métrique, a permis de constater ce fait, très important pour la perfection de ses relations internes, que l'ajustage initial du kilogramme prototype exécuté en 1799 par Lefèvre-Gineau et Fabbroni, sous la direction de la fameuse *Commission des Poids et Mesures*, avait atteint, déjà à cette époque, une précision telle que la différence entre ce kilogramme et sa valeur de définition n'a pu être révélée qu'à l'aide des procédés de la plus haute perfection actuellement réalisable.

« Qu'il me soit encore permis de dire quelques mots sur les recherches et travaux de notre Bureau international concernant les applications scientifiques et techniques des aciers-nickels. MM. Benoît et Guillaume ont, en s'appuyant sur les études expérimentales et théoriques que M. Guillaume a su approfondir avec tant d'ingéniosité et avec tant de succès, donné à ces applications, principalement dans le domaine de la Géodésie, une telle valeur et un champ tellement vaste que la propagation du système métrique dans toute la Terre en a déjà profité et en profitera davantage encore dans l'avenir. »

Ce sont encore, tout naturellement, les questions techniques que traite M. Becquerel dans son discours de bienvenue, prononcé au nom de l'Académie des Sciences, dont le président est, par un hommage rendu à la nation qui créa le système métrique, le président statutaire des Conférences internationales des Poids et Mesures. Après avoir retracé en termes rapides l'histoire primitive du système métrique, et rappelé l'unification des mesures électriques grâce au système C. G. S. qui en est un dérivé immédiat, M. Becquerel aborde en ces termes la tâche du Comité et du Bureau international :

« Quelle institution pourrait inspirer une plus grande confiance que votre Bureau international lorsqu'on voit les résultats obtenus, et je dirai aussi lorsqu'on connaît les savants que vous avez chargés d'y travailler sous la direction habile et bienveillante de M. Benoît; lorsqu'on sait au prix de quel talent et de quelle science, de quelle patiente abnégation et de quelle force morale, ils ont pu mener à bien des travaux qui comptent parmi les plus difficiles et les plus minutieux qu'on ait jamais réalisés! Leur seule récompense est la confiance que vous leur témoignez, que leur accordent et tous les savants et tous les Gouvernements qui ont adhéré à la Convention du Mètre.

« Je n'ai pas à rappeler des travaux que vous connaissez tous; mais laissez-moi énumérer seulement ici quelques-uns de ceux qui vous seront présentés.

« Les mesures de comparaison montrent quel degré de confiance méritent les mètres en platine iridié qui furent l'œuvre de H. Sainte-Claire Deville et de H. Tresca. Une nouvelle preuve de leur permanence est résultée de la comparaison entre la longueur du Mètre international et les longueurs d'ondes de divers étalons lumineux ; les mesures faites par MM. Benoît, Fabry et Pérot, en 1907, s'écartent de moins d'un dix-millionième de celles que MM. Michelson et Benoît avaient exécutées en 1893. Le Président du Comité international rappelait tout à l'heure l'hospitalité reçue au Conservatoire des Arts et Métiers pour l'exécution de ce beau travail, entrepris sous les auspices du Comité. La science française est fière que, fidèle à une vieille

Digitized by Google

tradition, l'un de ses établissements qui a le plus contribué au développement du Système métrique ait abrité, pour un temps, les instruments qui ont permis d'atteindre un résultat d'une aussi grande importance.

« Un autre travail, réclamé il y a trente-cinq ans par la Commission du Mètre, la détermination précise du volume d'un kilogramme d'eau, a donné des conclusions bien intéressantes : trois méthodes différentes, employées l'une par M. Guillaume, l'autre par M. Chappuis, la troisième par MM. Macé de Lépinay, Benoît et Buisson, ont conduit à des nombres qui diffèrent entre eux au plus de deux-millionièmes de leur valeur. Or, on vient de nous le signaler, ces nombres diffèrent de moins d'un trente-millième de la valeur admise en 1799, et l'application de corrections, mieux connues aujourd'hui, ramène le nombre de Lefèvre-Gineau et Fabbroni à deux-millionièmes du résultat moyen des expériences actuelles. Quelle confiance, Messieurs, mérite une telle concordance dans les mesures récentes, et quelle admirable entente des méthodes expérimentables a permis aux fondateurs du Système métrique de réaliser, il y a un siècle, une telle merveille d'exactitude!

« Je ne saurais, non plus, passer sous silence les grands progrès qui, dans toutes les applications où les corrections dues aux variations de la température jouent un rôle important, ont été obtenus par la belle découverte de M. Guillaume sur les alliages très peu dilatables de fer et de nickel. Il fallait une connaissance théorique et pratique bien profonde des propriétés physiques et chimiques de la matière pour pressentir l'existence d'une anomalie dont les conséquences sont devenues si importantes pour toute la Métrologie. Vous savez comment les travaux du Bureau international ont transformé les méthodes de mesure des bases géodésiques par l'emploi de l'acier-nickel. Voici maintenant des industries, comme celle de l'horlogerie, qui, dans l'emploi de ces alliages, trouvent des éléments inespérés d'économie et de précision. »

C'est, enfin, sur le rôle de la France, non seulement dans la création, mais aussi dans la propagation du système métrique, que M. Lardy, ministre plénipotentiaire de la Confédération suisse, désira surtout retenir l'attention lorsque, s'adressant au ministre des Affaires étrangères, il conclut en disant :

« Votre présence parmi nous, Monsieur le Ministre, nous prouve que le Gouvernement de la République française continuera à nous prêter l'appui de sa haute influence dans le monde, et nous espérons que tous nos gouvernements associeront leurs efforts à ceux de la France, pour assurer le succès définitif du système métrique.

« Il serait profondément ingrat d'oublier que, pendant un siècle, c'est la France qui a été le porte-drapeau de ce système, et qu'en 1875, lorsqu'il s'est agi de lui donner une base internationale, le Gouvernement français et les savants français ont, avec une grande abnégation, fait abandon de la situation prépondérante de leur pays, pour s'associer loyalement à l'internationalisation du mètre et pour consentir à la création d'un Institut permanent, alors que l'opinion française n'était pas très favorable à cette création. Les faits ont justifié cette conception d'un Bureau international permanent; ce Bureau est devenu non seulement un lumineux foyer scientifique, le laboratoire par excellence pour l'étude des problèmes les plus élevés de la Métrologie, mais un instrument d'incessante et vivante propagande dans le monde entier. Par son abnégation au moment opportun, la France a travaillé ainsi au triomphe du Mètre, autant et plus peut-être que par l'audace avec laquelle elle l'avait introduit et maintenu pendant la première moitié du XIXe siècle. »

La *Revue* consacrera prochainement un ou deux articles à l'exposé détaillé de plusieurs des questions traitées au cours de la Conférence.

§ 4. — Électricité industrielle

Le Télé-stéréographe Belin. — Nous avons eu l'occasion d'exposer dans cette *Revue* le principe et les résultats de plusieurs méthodes imaginées pour la transmission, à distance, des photographies et des documents graphiques. Quand, dans une récente chronique, à propos du procédé de M. de Guillen Garcia, nous parlions des surprises « qu'un avenir prochain nous réservait », nous avions en vue, surtout, le procédé télé-stéréographique de M. Edouard Belin, de Paris, que nous savions tout près d'aboutir et dont nous nous proposions d'entretenir les lecteurs de la *Revue*. Nous avons eu sous les yeux quelques échantillons de photographies transmises par le télé-stéréographe, et nous n'hésitons pas à les déclarer supérieurs à tous les documents téléphotographiques publiés jusqu'à ce jour. Aussi bien, le nouvel appareil est-il exempt des défauts inhérents à un organe aussi susceptible et capricieux que l'est une pile à sélénium, étant basé sur un principe essentiellement mécanique et, par là, bien plus sûr. Ce principe, énoncé brièvement, consiste à convertir les différences de relief (proportionnelles aux variations de teintes) d'une épreuve photographique à la gélatine bichromatée en fluctuations de courants électriques, lesquelles, à la station d'arrivée, seront transformées en variations lumineuses, influençant une couche sensible.

On sait que la propriété que présente la gélatine bichromatée de se gonfler dans l'eau se perd sous l'action de la lumière, à un degré dépendant de l'intensité des rayons qui la frappent : de là, le moyen de produire un relief dont les saillies les plus fortes seront les noirs de l'épreuve, et les creux les plus profonds les blancs, tandis que les demi-teintes se traduiront par des hauteurs intermédiaires et parfaitement proportionnelles à leur valeur respective.

Une épreuve-relief pareille A (fig. 1) est enroulée sur un cylindre C, qui tourne en regard d'un style D attaché au petit bras d'un levier B, dont le grand bras se termine par une roulette de contact, glissant le long d'un rhéostat spécial R. Ce dernier se compose de vingt lames d'argent isolées par dix-neuf lames de mica; l'ensemble de ces trente-neuf pièces a une épaisseur totale de 3,5 millimètres. Les lames du rhéostat communiquent avec les bobines d'une boîte de résistance analogue à celles qu'on emploie dans la pratique courante des laboratoires. Par l'intercalation successive de ces bobines (qui sont au nombre de vingt), on réduit l'intensité du courant traversant la ligne en degrés réguliers.

Comme le cylindre tournant est animé d'un déplacement suivant son axe, le style explorant les différentes parties de l'épreuve parcourt cette dernière en raies hélicoïdales, distantes de 1/6 de millimètre.

Or, l'excursion du style — et par là celle de la roulette de contact attachée au grand bras du levier — est proportionnelle aux hauteurs de relief et, par suite, aux valeurs des diverses nuances composant l'épreuve à transmettre. Comme, d'autre part, cette excursion détermine la valeur de la résistance insérée dans la ligne télégraphique, on comprendra que les teintes des différentes parties de l'épreuve se traduisent par des fluctuations d'intensité du courant traversant le circuit. Il s'agira de reconvertir ces fluctuations électriques, à la station d'arrivée, en variations lumineuses susceptibles d'être fixées par la photographie.

Le poste récepteur comporte, à cet effet, un oscillographe Blondel O, indiquant très rapidement les variations de courant minimes par des déviations proportionnelles aux intensités. Le rayonnement d'une lampe Nernst S, concentré par un système condensateur sur le miroir M de cet oscillographe, est projeté par ce dernier, à travers une ouverture circulaire T de 1/6 de millimètre de diamètre, pratiquée dans une boîte entourant le cylindre récepteur C', sur la pellicule ou le papier photographique A' qui y est enroulé. Il faut, pour

Digitized by Google

éliminer les phénomènes de diffraction, disposer le trou en contact intime avec la préparation photographique, de façon que l'impression se produise, non pas par projection, mais par contact.

Une lentille aplanétique, disposée de façon que le miroir d'une part, et le point de concours d'autre part, soient deux foyers conjugués, fait converger sur la surface sensible les rayons réfléchis par le miroir. Une gamme de teintes graduées G est placée devant la lentille.

L'appareil, dont la construction vient d'être terminée, comporte, en dehors de ces pièces essentielles, un moteur shunt entraînant les cylindres de départ et d'arrivée, un milli-ampèremètre intercalé sur la ligne, un ampèremètre intercalé sur le circuit des bobines d'oscillographe, et cinq interrupteurs, à savoir, un interrupteur général et les interrupteurs commandant le moteur, l'oscillographe, la ligne et la lampe respectivement. Des rhéostats de réglage, servant à varier la vitesse du moteur sans changer l'excitation de l'oscillographe, sont disposés sous la table. C'est là que sont placées aussi les piles sèches fournissant le courant de ligne.

Il est évident qu'une condition essentielle au bon fonctionnement de l'appareil, c'est la marche synchronique des cylindres de transmission et de réception. Comme ce synchronisme est assuré par des moyens soit mécaniques, soit électriques, on peut considérer cette condition comme satisfaite et en faire abstraction dans l'appareil d'essai et de démonstration, où les deux cylindres se trouvent réunis sur une même table, étant entraînés directement par le même moteur.

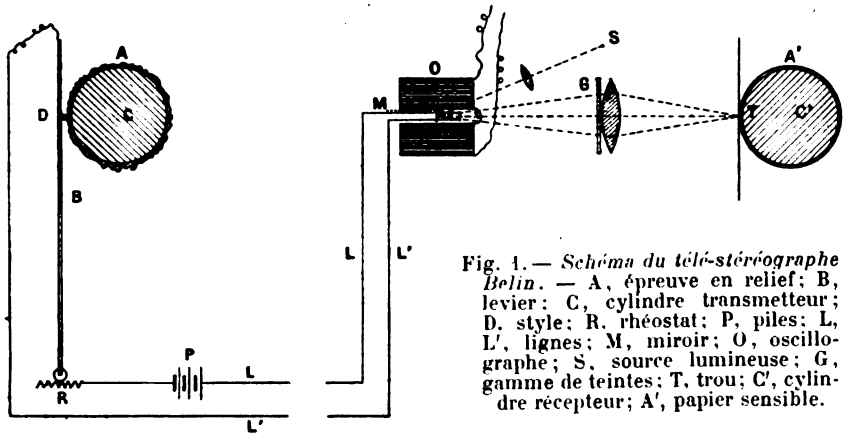


Fig. 1. — *Schéma du télé-stéréographe Belin.* — A, épreuve en relief; B, levier; C, cylindre transmetteur; D, style; R, rhéostat; P, piles; L, L', lignes; M, miroir; O, oscillographe; S, source lumineuse; G, gamme de teintes; T, trou; C', cylindre récepteur; A', papier sensible.

Le fonctionnement du télé-stéréographe est le suivant:

Lorsque l'appareil est en mouvement, les reliefs de l'image du poste transmetteur impriment au stylet, et, par là, à la roulette de contact, des excursions continuelles. Quand, dans ces excursions, la roulette se trouve en contact avec l'une des extrémités du rhéostat, toutes les lames de ce dernier se trouvant du même côté, aucune résistance supplémentaire n'est intercalée dans la ligne et l'intensité du courant est maxima. Pour la position contraire de la roulette, toutes les résistances s'ajoutant à celle de la ligne, l'intensité est minima, tandis que, pour toutes les positions intermédiaires, le courant prend une intensité dépendant de cette position. Toutes les variations de relief se traduisent, par conséquent, par des variations correspondantes de l'intensité du courant.

Au poste de réception, les variations du courant de ligne impriment au miroir de l'oscillographe des déviations successives très rapides, proportionnelles aux intensités électriques. Le faisceau lumineux réfléchi par le miroir oscillera à son tour de droite à gauche, du centre au bord de la lentille. Comme la pellicule sensible, frappée par le faisceau lumineux qui traverse le trou de 1/6 de millimètre de diamètre, se trouve disposée au foyer conjugué du miroir par rapport à la lentille, le trou étant continuellement éclairé, le faisceau lumineux produirait, sans l'intervention de la gamme de teintes, une impression uniformément noire, indépendante de la déviation du miroir.

Or, cette gamme de teintes sert précisément à absorber la lumière à un degré de plus en plus considérable en allant du centre vers le bord de la lentille. Lorsque le faisceau lumineux tombe au centre de cette dernière, la transparence, absolue à cet endroit, ne produit aucune extinction de la lumière et l'impression lumineuse se manifeste par un noir photographique. Lorsque le même faisceau frappe, au contraire, le bord de la lentille, où la gamme est d'une opacité absolue, l'extinction complète de la lumière produit un blanc photographique. Pour les positions intermédiaires du faisceau réfléchi, l'extinction de lumière, et par là l'effet photographique, sont proportionnels à la déviation du miroir (proportionnelle à son tour aux fluctuations électriques et aux variations de relief et de nuances de la photographie originale), de façon à reproduire, élément par élément, l'image disposée à la station de départ, d'une manière parfaitement conforme à l'original, avec tous les détails de cette dernière, égaux ou supérieurs à 1/6 de millimètre.

On comprend sans peine qu'en élargissant ou en rétrécissant le faisceau lumineux incident, les oppositions de l'épreuve soient diminuées ou augmentées. D'une façon analogue, on renforce ou l'on affaiblit les teintes originales en employant une gamme trop heurtée ou insuffisamment heurtée. Enfin, suivant la position du faisceau sur la droite ou sur la gauche de l'axe principal, on obtient, du même document original, une épreuve soit positive, soit négative.

Le télé-stéréographe construit par M. Belin est muni d'une ligne fictive constituée par une bobine de 4.000 ohms. Pour une force électromotrice de 50 volts, les dix-neuf bobines supplémentaires du transmetteur sont calculées de façon à faire varier l'intensité du courant de ligne de 3 à 12,5 milliampères.

En donnant au moteur sa plus grande vitesse, on a pu reproduire en trente minutes une épreuve 13 × 18, formée sensiblement de 850.000 éléments. Pour doubler la vitesse de transmission et réduire ce temps à quinze minutes, la roue tangente commandée par l'arbre du moteur vient d'être réduite de moitié.

En dehors de la transmission télégraphique des documents photographiques, le télé-stéréographe peut servir à reproduire à distance tous les documents graphiques au trait, soit les écritures proprement dites, les dessins hachurés ou les simili-gravures, pourvu que l'original ait un relief quelconque.

Dans ce cas, le levier du poste transmetteur, la roulette, le rhéostat et ses bobines sont remplacés par un interrupteur de précision commandé par les reliefs du document. Le transmetteur étant réglé de manière à laisser le courant fermé pour l'exploration du fond de l'image et à ne le rompre qu'au passage des reliefs, les effets sont toujours les mêmes, quelle que soit la hauteur du relief.

La gamme de teintes du récepteur est également supprimée, et à sa place on dispose, devant la lentille, un diagramme percé d'une fente étroite. Le faisceau lumineux est maintenu sur la fente en temps normal, pour en être écarté à chaque rupture du circuit, ou inversement. Dans le premier cas, les traits appa-

Digitized by Google

raîtront, sur l'épreuve de réception, en blanc sur fond noir; dans l'autre cas, ils se détacheront en noir sur fond blanc.

Comme l'appareil ainsi modifié pour la transmission des tracés par simple ouverture ou fermeture du circuit est parfaitement assimilable, quant à son fonctionnement, aux appareils télégraphiques ordinaires, on peut le faire fonctionner dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec un relai et avec une terre, voire même sans fil, d'une façon analogue à l'appareil de M. de Guillen Garcia.

Pour diminuer ce qui reste d'inertie au dispositif de transmission des documents photographiques, M. Belin se propose de remplacer le levier du transmetteur, avec son rhéostat, par un microphone spécial, sur la membrane duquel agiraient les reliefs de l'original sans aucune multiplication. Cette modification de l'appareil, qui, semble-t-il, permettra de réduire encore ultérieurement les temps de transmission et d'augmenter la netteté des reproductions, forme l'objet d'un brevet additionnel. **Alfred Gradenwitz.**

§ 5. — Géologie

Collection Edmond Pellat. — Nous apprenons que la collection paléontologique bien connue d'Edmond Pellat vient d'être adjugée à Paris, aux enchères publiques, en totalité à des acquéreurs allemands ou à leur représentant, pour la somme de 37.450 francs.

Cette collection, dont l'auteur, ancien Président de la Société géologique de France, avait publié des travaux universellement appréciés, renferme des types paléontologiques d'une très grande valeur, notamment du Boulonnais et du Bassin du Rhône. Il est extrêmement regrettable d'assister à cet exode à l'étranger d'un véritable trésor scientifique qui, comme jadis la collection Coquand qui fut vendue à Budapest, va enrichir les musées de nos voisins de pièces de choix recueillies sur le sol français et de documents dont la publication a contribué pour une grande part à la réputation de l'Ecole géologique française. Tous les amis de la science déploreront profondément cet événement; ceux qui savent au prix de quelle patience et avec quel amour ont été réunis les éléments de la collection Pellat regretteront doublement de voir sortir de nos frontières le fruit de toute une vie de recherches savantes.

Désormais ceux de nos paléontologistes français qui voudront étudier les types spécifiques créés par Pellat pour le Jurassique du Boulonnais ou les séries, uniques en leur genre, du Crétacé de Brouzet (Gard) ou d'Orgon (Bouches-du-Rhône) seront obligés de traverser le Rhin.

On ne peut que déplorer la faible dotation de nos établissements scientifiques français, dont aucun ne s'est senti assez riche pour acquérir la collection Pellat, et l'on regrette cette indifférence publique qui permet à nos voisins de profiter du fruit de tant de laborieuses recherches. **W. K.**

§ 6. — Physiologie

Sur la sécrétion du suc pancréatique. — C'est aujourd'hui un fait bien connu que la sécrétion du suc pancréatique est provoquée par le passage dans le duodénum du contenu acide de l'estomac. Les composés acides du chyme gastrique produisent, au contact de la muqueuse intestinale, une substance, dite sécrétine, qui, résorbée et conduite par le sang au pancréas, y conduit la sécrétion.

M. Frouin, dans une Note très intéressante qu'il vient de communiquer à la Société de Biologie (23 novembre 1907), établit que le rôle excito-sécrétoire de l'acide chlorhydrique du contenu gastrique varie avec la nature de ce contenu; il diminue, pour une même acidité, quand le contenu gastrique renferme des peptones : disons, pour plus d'exactitude, quand le contenu gastrique renferme des produits de digestion peptique des substances protéiques.

Ayant préparé un chien, porteur d'une fistule gastrique et d'une fistule pancréatique du type dit fistule permanente, M. Frouin fait pénétrer dans l'estomac du chien, par la fistule, 200 c.c. d'acide chlorhydrique à 3,60 °/₀₀ : la sécrétion pancréatique s'établit presque immédiatement, et l'on peut recueillir 120 c.c. de suc pancréatique en deux heures.

Par contre, sous l'influence d'un repas de 500 grammes de viande crue, qui a pu faire sécréter 400 à 500 c.c. de suc gastrique d'une acidité de 3,50 à 4,00 °/₀₀, on ne recueille que 60 à 70 c.c. de suc pancréatique en huit heures.

Cette différence dans la quantité du suc pancréatique sécrété résulte-t-elle de l'évacuation plus rapide de l'estomac dans le cas d'introduction d'acide chlorhydrique ? Pour le savoir, M. Frouin fait l'expérience comparative suivante :

Il introduit dans l'estomac de son chien, soit 200 c.c. d'acide chlorhydrique à 3,60 °/₀₀, soit 200 c.c. de suc gastrique ayant digéré 60 grammes de blanc d'œuf cuit, et dont l'acidité avait été ramenée à 3,60 °/₀₀. Dans le premier cas, il recueille 120 c.c. de suc pancréatique en deux heures; dans le second, il n'en recueille que 70 c.c. en deux heures et demie.

On obtient des résultats de même ordre en opérant sur des chiens à fistule pancréatique temporaire. On sait que, dans ce cas, la sécrétion est infiniment moindre que dans le cas de la fistule permanente. En voici un exemple : la sécrétion a été provoquée par introduction de la liqueur acide dans le duodénum.

	PRODUITS INJECTÉS	SUC RECUEILLI en 30 minutes
2 h. »	40 c.c. HCl à 2,66 °/₀₀ . . .	45 gouttes.
2 h. 1/2	40 c.c. HCl — . . .	52 —
3 h. »	40 c.c. HCl contenant 2.5 °/₀ de peptone de Witte . .	22 —
3 h. 1/2	40 c.c. HCl contenant 5 °/₀ de peptone	3 —
4 h. »	40 c.c. HCl	44 —
4 h. 1/2	40 c.c. HCl contenant 10 °/₀ de saccharose.	62 —
5 h. »	40 c.c. HCl contenant 5 °/₀ de peptone	16 —
5 h. 1/2	40 c.c. HCl contenant 8 °/₀ de lactose	75 —

Ces expériences sont intéressantes; M. Frouin n'en dégage pas la signification physiologique dans sa Note. Il nous semble que cette signification est la suivante.

Le suc pancréatique complète et termine l'action protéolytique commencée par le suc gastrique. Plus l'action du suc gastrique a été poussée loin, moins grande a besoin d'être l'action du suc pancréatique; plus le suc gastrique a engendré de peptones, moins le suc pancréatique a de travail physiologique à accomplir. Or, les peptones fixent sous une forme spéciale l'acide chlorhydrique du suc gastrique, et diminuent ainsi son pouvoir excito-sécrétoire sur le pancréas (par l'entremise de la sécrétine engendrée). Il est possible que la sécrétine soit engendrée par l'acide chlorhydrique libre et ne le soit pas, ou ne le soit que peu, par les combinaisons chlorhydriques des peptones.

Quoi qu'il en soit, il y a là un mécanisme régulateur de la sécrétion pancréatique très remarquable, digne de retenir l'attention des biologistes.

Digitized by Google

LA VALEUR DE LA THÉORIE PHYSIQUE

A PROPOS D'UN LIVRE RÉCENT[1]

La Philosophie avait été, dès les plus antiques spéculations qui soient venues à notre connaissance, indissolublement liée à la science de la Nature, à la science des nombres et des figures. Il y a quelque cent ans, ce lien, plusieurs fois millénaire, qui unissait la Philosophie première à la Philosophie naturelle, parut s'être affaibli au point de se briser. Laissant au géomètre et à l'expérimentateur le soin, de jour en jour plus minutieux et plus pénible, de travailler au progrès des sciences particulières, le philosophe prit pour objets exclusifs de ses méditations les idées les plus générales de la Métaphysique, de la Psychologie et de la Morale; sa pensée, dès lors, sembla plus légère, plus apte à s'élever à des hauteurs que les sages n'avaient pu atteindre jusque-là, chargés qu'ils étaient de mille connaissances étrangères à leur véritable et noble étude.

Débarrassée des Mathématiques, de l'Astronomie, de la Physique, de la Biologie, toutes sciences à la marche lente, à la technique compliquée, à la terminologie barbare et incompréhensible aux profanes, la Philosophie prit la forme d'une doctrine aisée, accessible au grand nombre, habile à formuler ses enseignements en un langage éloquent que tous les hommes cultivés pussent entendre.

La vogue de cette Philosophie séparée ne fut pas de longue durée; les esprits clairvoyants ne tardèrent pas à discerner le principe vicieux que voilaient à peine les dehors séduisants de cette méthode; sans doute, elle semblait autrement légère que l'antique Sagesse, rivée au poids énorme des sciences de détail; mais, si elle paraissait s'envoler avec un moindre effort, ce n'est pas que ses ailes fussent devenues plus longues et plus puissantes; c'est simplement qu'elle s'était vidée du contenu auquel elle devait sa solidité, et qu'elle s'était réduite elle-même à une vaine forme privée de matière.

Bientôt, les voix furent nombreuses à jeter le cri d'alarme; la réforme tentée au début du XIXe siècle mettait en péril l'avenir même de la Philosophie; si l'on ne voulait la voir dégénérer en un verbiage dont la sonorité révèlait le creux, il fallait lui rendre au plus vite l'aliment dont elle s'était si longtemps sustentée et dont on avait prétendu la sevrer; bien loin de la séparer des sciences particulières, il fallait la nourrir des enseignements de ces sciences, afin qu'elle les absorbât et se les assimilât; il fallait qu'elle méritât de nouveau le titre dont elle s'était si longtemps parée: *Scientia scientiarum*.

Le conseil était plus aisé à donner qu'à suivre. Briser une tradition est facile; la renouer ne l'est point. Entre les sciences particulières et la Philosophie, un abîme s'était creusé; le câble qui reliait autrefois ces deux continents l'un à l'autre, qui établissait entre eux un continuel échange d'idées était maintenant rompu, et les deux bouts qu'il s'agissait de réunir gisaient au fond de l'abîme. Désormais privés de tout moyen de communication, les habitants des deux rives, philosophes d'un côté, hommes de science de l'autre, étaient hors d'état de coordonner leurs efforts vers l'union que tous sentaient nécessaire.

De part et d'autre, cependant, des hommes hardis se mirent à la besogne. Parmi ceux qui s'étaient adonnés aux sciences particulières, plusieurs tentèrent de présenter aux philosophes, sous une forme qui leur pût agréer, les résultats les plus généraux, les plus essentiels de leurs minutieuses enquêtes. De leur côté, certains philosophes n'hésitèrent pas à apprendre la langue de la Mathématique, de la Physique, de la Biologie, à se familiariser avec la technique de ces diverses disciplines, afin de pouvoir emprunter aux trésors qu'elles avaient amassés tout ce qui pouvait enrichir la Philosophie.

En 1896, un agrégé de philosophie, ancien élève de la Section des lettres de l'École Normale, soutint devant la Faculté des Lettres de Paris une thèse sur l'*Infini mathématique*; ce fut un événement justement remarqué; M. Couturat signalait ainsi aux moins attentifs le retour de la Philosophie à l'étude des sciences, la reprise de la tradition trop longtemps abandonnée.

En choisissant pour sujet de sa thèse de doctorat ès lettres *la Théorie de la Physique chez les physiciens contemporains*, M. Abel Rey resserre le lien que M. Couturat avait renoué. N'eût-il fait que cela qu'il mériterait déjà la reconnaissance de tous ceux que préoccupe l'avenir de la Philosophie.

Mais son œuvre ne vaut pas seulement par là; elle vaut encore par l'importance du problème que l'auteur a examiné et par le soin avec lequel il a préparé la solution qu'il propose.

[1] ABEL REY: *La Théorie de la Physique chez les physiciens contemporains*; 1 vol. in-8° de VI-412 p.; Paris, Félix Alcan, 1907.

Digitized by Google

I

Voici d'abord en quels termes (p. III) M. Rey pose le problème :

« Le mouvement fidéiste et anti-intellectualiste des dernières années du XIXe siècle prétend, en faisant de la Science une technique utilitaire, s'appuyer sur une analyse de la Science physique plus exacte et plus profonde que toutes celles qui avaient été faites jusque-là. Il exprimerait l'esprit général de la Physique contemporaine, et résumerait les conclusions nécessaires d'un examen impartial de ses propositions, de ses méthodes et de ses théories...

« Vérifier si ces assertions étaient fondées, voilà l'idée directrice qui m'a poussé à entreprendre ce travail. »

A ce problème, voici la solution que l'auteur souhaiterait de donner (p. 363) :

« Oui, la Science, et en particulier les sciences physiques ont une valeur d'utilisation ; oui, cette valeur d'utilisation est considérable. Mais elle est peu à côté de leur valeur de savoir désintéressé. Et c'est avoir passé à côté de la véritable nature de la Science physique que de sacrifier cet aspect à l'autre. On peut même dire que la Science physique n'a par elle-même, et en elle-même, qu'une valeur de savoir. »

On peut encore aller plus loin (p. 367) : « Nous ne *connaîtrons au sens strict du mot* que ce que la Science physique sera susceptible d'atteindre, et rien autre. Il n'y aura pas d'autre moyen de connaître dans le domaine qui est l'objet de la Physique. Ainsi, quelque humaine que soit la mesure de la Science physique, force nous sera de nous contenter de cette science. »

Le Pragmatisme contemporain a affirmé que les théories physiques n'avaient aucune valeur de savoir ; que leur rôle était tout utilitaire; qu'elles n'étaient, en dernière analyse, que des *recettes commodes* qui nous permettent d'agir *avec succès* sur le monde extérieur. A l'encontre de cette affirmation, il s'agit de justifier l'antique conception de la Physique : La théorie physique n'a pas seulement une utilité pratique; elle a encore, et surtout, une valeur comme connaissance du monde matériel. Cette valeur, elle ne la tient pas d'une autre méthode qui, appliquée en même temps qu'elle aux mêmes objets, suppléerait aux insuffisances de la méthode physique et conférerait à ses théories une valeur transcendante à leur propre nature. Il n'y a pas de méthode, autre que la méthode physique, qui puisse servir à étudier les objets qu'étudie la Physique; la méthode physique puise en elle-même la justification des théories physiques; c'est elle, et elle seule, qui marque ce qu'elles valent en tant que savoir.

Voilà le problème énoncé et la solution formulée. Et, pour qu'aucune incertitude ne vienne jeter de trouble dans le débat, rappelons avec soin que celui-ci ne porte pas sur la Physique entière; les faits d'expérience sont hors de cause; personne, sauf les sceptiques dont les propos échappent à toute discussion, ne conteste leur valeur documentaire, ne nie qu'ils soient pour nous des enseignements sur le monde extérieur. Le seul point en litige, c'est la valeur de la *théorie* physique.

Nous connaissons maintenant la question qui a pressé l'auteur de composer son œuvre; nous connaissons le but qu'il souhaite d'atteindre. Du point de départ au point d'arrivée, quelle voie va-t-il suivre?

Il en est une qui semblerait la plus directe et la plus sûre. Elle consisterait à soupeser un à un, à examiner minutieusement les arguments que fait valoir le Pragmatisme, et à mettre en évidence la tare qui les vicie, qui les rend impropres à justifier la thèse qu'ils sont destinés à prouver.

Cette méthode n'a pas eu l'agrément de l'auteur; peut-être est-il permis de le regretter. Nous eussions aimé à le voir attaquer la doctrine adverse de front, corps à corps, et non par une voie détournée. Surtout, nous eussions aimé qu'il citât et nommât les champions de cette doctrine; les mathématiciens et les physiciens dont les noms reviennent à chaque instant sous sa plume ne se fussent point offusqués d'un tel voisinage; philosophes ou hommes de science pure peuvent ne pas partager toutes les opinions de M. Éd. Le Roy — pour ne mentionner que lui —; mais, auprès des uns comme auprès des autres, il a fait ses preuves, et les uns et les autres le regardent comme des leurs.

Quoi qu'il en soit, ne perdons pas notre temps à vanter la route directe que M. Rey n'a pas voulu suivre, et marchons avec lui dans le chemin qu'il a choisi; demandons-lui, d'abord, de nous indiquer ce chemin (pp. II-III) :

« La méthode ne pouvait être qu'une enquête auprès des physiciens contemporains. Et là, la tâche était singulièrement facilitée par ce fait que certains physiciens — et des plus considérables — s'occupent aujourd'hui de la philosophie de la Physique en donnant à ce mot le sens, presque positiviste, d'un point de vue général, synthétique et critique sur les grands problèmes que renferme une science, sur sa méthode et sur son devenir.

« Il ne me restait alors, pour atteindre mon but, qu'à chercher les opinions actuellement soutenues par les physiciens sur la nature et la structure de leur science, et à essayer d'en présenter le dévelop-

Digitized by Google

pement systématique, en suivant ceux qui s'étaient attachés spécialement à ces questions et me semblaient les avoir le plus complètement et le plus clairement exposées. »

Demander aux écrits d'un certain nombre de mathématiciens, de mécaniciens, de physiciens, ce que leurs auteurs ont pensé de la valeur des théories physiques ; réunir et formuler clairement les avis qui souvent, dans ces écrits, demeuraient épars et sous-entendus ; constater que tous ces avis, en dépit des différences, souvent très profondes, qui les séparent les uns des autres, sont tous orientés par une commune tendance, qu'ils convergent tous vers une même proposition ; que cette proposition, enfin, est l'affirmation d'une croyance en une théorie physique dont la valeur est une valeur de *savoir*, et non pas seulement une utilité pratique ; telle est l'enquête que M. Rey a menée à bien, avec tant de talent qu'on oublie à quel point elle dut être laborieuse.

Mais une telle enquête a-t-elle la portée que l'auteur lui attribue? Est-elle apte à donner une solution convaincante du problème posé ? Il faut remarquer, d'abord, qu'elle est extrêmement partielle, et qu'elle ne saurait être autrement. Forcément, le nombre des savants appelés à opiner en cette sorte de consultation est infime en regard de la multitude de ceux qui n'y sont pas entendus. Serait-il plus complet, serait-il intégral, cette sorte de *referendum* de physiciens serait bien loin encore d'être probant ; une question de Logique ne se tranche pas à la majorité des suffrages exprimés. En effet, ceux qui pratiquent la Physique, voire avec le plus de succès, ceux qui illustrent leur nom par les plus brillantes découvertes, ne peuvent-ils se tromper, même grossièrement, sur le but et la valeur de la science à laquelle ils ont consacré leur vie? Christophe Colomb n'a-t-il pas découvert l'Amérique en pensant se rendre aux Indes? Et n'est-ce pas l'un des thèmes favoris du Pragmatisme que les hommes de science se font le plus souvent illusion sur l'exacte nature des vérités qu'ils découvrent? Ne souscrit-il pas à cette formule de M. Maurice Blondel, si énergique en sa forme étrange : « La Science ne connaît pas ce qu'elle connaît tel qu'elle le connaît » ?

M. Rey, d'ailleurs, a fort bien compris que, pour connaître la valeur véritable de la théorie physique, il ne suffirait pas d'organiser à ce sujet un plébiscite de physiciens ; laissant de côté la foule laborieuse qui peuple les laboratoires, il a pris seulement l'avis de ceux qui ont vécu un peu à l'écart de la mêlée et qui, du haut de « petits tertres lointains », ont pu discerner le mouvement général de cet assaut livré à la vérité. Ainsi l'auteur s'est attaché exclusivement à l'opinion de ces hommes qui ne s'en sont pas enus, à l'égard de la valeur des théories physiques, à la confiance aveugle du chercheur ; qui ont soumis cette valeur à une sévère critique avant de lui rendre leur crédit ; c'est donc que les avis de ces hommes-là ne comptaient pas simplement, pour lui, comme la voix de n'importe quel physicien ; c'est qu'il attribuait à ces avis un poids tout spécial ; et ce poids, d'où provenait-il, sinon de l'analyse logique qui avait transformé une tendance instinctive en une conviction raisonnée? C'est dire qu'il ne suffit pas de noter l'avis d'un logicien de la Physique et de constater que cet avis est favorable à la thèse de l'auteur ; il faut encore scrupuleusement examiner la série des déductions qui ont servi à justifier cet avis ; il vaut ce que valent ces raisonnements. M. Rey n'a pas ignoré la nécessité d'une telle critique. A-t-elle toujours été, en son ouvrage, aussi sévère et aussi minutieuse qu'elle eût pu l'être? La joie de recueillir une conclusion conforme aux aspirations de l'auteur ne l'a-t-elle pas empêché, parfois, d'apercevoir les lacunes qui séparaient cette conclusion des prémisses? Nous n'oserions l'affirmer.

II

Avant de recueillir l'avis des physiciens, ou mieux des logiciens de la Physique, M. Rey les classe ; la marque qui sert à assigner à chacun d'eux la catégorie où il doit prendre place est fournie par l'attitude qu'il a adoptée à l'égard du Mécanisme.

Trois attitudes sont possibles à l'égard des théories mécaniques de la matière : l'attitude hostile, l'attitude simplement expectante ou critique, l'attitude favorable.

L'attitude hostile est celle qui caractérise, d'abord, Macquorn Rankine, ensuite M. Ernst Mach et M. Ostwald, enfin le signataire de ces pages.

L'attitude simplement critique et expectante est celle de M. Henri Poincaré.

Quant à l'attitude favorable au Mécanisme, il est plus malaisé d'en trouver des représentants qui aient analysé, avant de la prendre, les raisons qu'ils ont de la préférer à tout autre ; chez qui elle soit consciente et réfléchie plutôt qu'instinctive et spontanée. « Il n'est guère possible (p. 233) de suivre, pour exposer la théorie mécaniste, la méthode qui a été suivie pour les autres conceptions de la Physique. Ces conceptions, en effet, avaient été exposées d'une façon explicite par l'un ou par quelques-uns de leurs adeptes. En analysant les travaux de ces savants, il était possible de définir complètement l'esprit général qui animait leurs Écoles. Mais, avec le Mécanisme, tout change. D'abord, c'est une doctrine plus plastique ; on n'en

Digitized by Google

finirait pas à vouloir exposer toutes ses nuances; ce fait ne doit pas, d'ailleurs, nous étonner, étant donné le nombre de ses adeptes. Ensuite, il n'en est, à ma connaissance, aucun qui se soit proposé de définir et d'exposer entièrement la théorie de la Physique mécaniste. Elle paraît si naturelle, la tradition aidant, qu'on ne songe pas à l'analyser. »

Et cependant, une analyse est ici nécessaire, ne serait-ce que pour préciser d'une manière parfaitement nette les lignes de démarcation que M. Rey a tracées entre les diverses Écoles de physiciens.

Qne faut-il entendre exactement par le *Mécanisme*? Le définirons-nous comme une doctrine qui se propose de représenter tous les phénomènes physiques au moyen de systèmes mus conformément aux principes de la Dynamique ou, si nous voulons être plus précis, aux équations de Lagrange? Nous saurons alors très exactement ce que l'on doit entendre par Physique mécaniste, encore que l'on y puisse marquer deux subdivisions. En l'une, on admet que les corps séparés les uns des autres peuvent exercer les uns sur les autres des forces attractives ou répulsives : c'est la Physique mécaniste de Newton, de Boscovich, de Laplace et de Poisson. En l'autre, on n'admet pas de force qui ne soit une force de liaison entre deux corps contigus : c'est la Physique mécaniste de Heinrich Hertz.

Ce sens très exactement délimité du mot *Mécanisme* n'est pas celui qu'il faut entendre en lisant l'ouvrage de M. Rey. Nous voyons cet auteur ranger au nombre des mécanistes des physiciens comme M. J.-J. Thomson ou M. Jean Perrin; or, pour ceux-ci, les systèmes dont les mouvements doivent représenter les lois de la Physique ne sont pas régis par les équations de la Dynamique, mais bien par les équations de l'Électrodynamique; de tels physiciens ne sont pas des *mécanistes*, du moins au sens étroit que nous venons de donner à ce mot; bien plutôt, ce sont des *électro-dynamistes*.

Il apparaît donc, par là, que le mot *Mécanisme* prend, chez M. Rey, un sens extrêmement large. Efforçons-nous, cependant, de le délimiter exactement.

Si nous cherchons ce qu'il y a de commun entre les théories, très nombreuses et très disparates d'ailleurs, que M. Rey réunit sous le nom de Mécanisme, voici ce que nous trouvons: en toutes ces théories, on cherche à figurer les lois physiques au moyen de groupes de corps solides semblables, aux dimensions près, à ceux que nous pouvons voir et toucher, que nous pouvons sculpter en bois ou en métal; qu'ils soient formés de molécules ou d'atomes, d'ions ou d'électrons, les systèmes dont le théoricien décrit le mouvement sont, malgré leur extrême petitesse, conçus comme analogues aux majestueux systèmes astronomiques. Toutes ces spéculations se ressemblent donc en ceci. Elles veulent réduire toutes les propriétés que nous observons dans la nature à des combinaisons de formes et de mouvements, soumises à l'emprise de notre imagination. C'est ce que met bien en évidence le titre attribué par M. Rey au quatrième livre de son ouvrage : *Les Continuateurs du Mécanisme*; *les hypothèses figuratives*.

Voilà donc, nettement caractérisée, la classification que M. Rey établit entre les diverses Écoles de physiciens. Qu'on nous permette de le dire immédiatement : cette classification ne nous paraît pas être celle qu'il eût été convenable d'adopter, étant donné le problème en vue duquel l'auteur a institué son enquête. Elle nous paraît capable, en effet, de créer une inextricable confusion entre ce problème et un autre qui, pour être voisin du premier, n'en est pas moins essentiellement distinct. La question à laquelle on se propose de répondre est celle-ci : Les théories physiques sont-elles simplement des moyens d'agir sur la Nature, ou bien, outre leur utilité pratique, devons-nous leur attribuer une valeur comme connaissance? De grâce, que l'on n'aille pas confondre ce problème avec cet autre: La Physique doit-elle être mécaniste? Ou, pour parler plus précisément, avec cette question: Est-il nécessaire que toutes les hypothèses de la Physique se résolvent en propositions relatives aux mouvements de petits corps susceptibles d'être figurés et imaginés? La Physique a-t-elle, au contraire, le droit de raisonner sur des propriétés capables d'être conçues, mais irréductibles à des mouvements de systèmes qui se puissent dessiner et sculpter?

Que l'histoire du développement scientifique, que l'étude psychologique de l'intelligence des physiciens permettent d'établir de nombreux rapprochements entre les solutions que les diverses Écoles ont proposé de donner à ces deux problèmes, cela n'est pas douteux; mais il n'est pas douteux non plus que ces deux problèmes ne soient essentiellement indépendants l'un de l'autre, que la solution qu'un physicien aura adoptée pour l'un d'entre eux ne détermine nullement, par une nécessité logique, la solution qu'il devra adopter pour l'autre.

Veut-on des exemples qui marquent nettement à tous les yeux cette indépendance des deux problèmes?

Est-il Physique qui ait moins de prétention au *savoir*, qui soit plus nettement et purement utilitaire, que cette Physique anglaise, où les théories jouent simplement le rôle de *modèles*, sans aucun lien avec la réalité? N'est-ce pas cette Physique-là qui a tout d'abord séduit M. Henri Poincaré, alors

Digitized by Google

qu'il étudiait l'œuvre de Maxwell, qui lui a inspiré des pages célèbres où les théories physiques étaient considérées uniquement comme des instruments commodes pour la recherche expérimentale? Et ne sont-ce pas ces préfaces retentissantes de l'illustre professeur en Sorbonne qui ont suscité, en France, la critique pragmatiste de la Physique, contre laquelle M. Rey s'élève aujourd'hui? Et cependant, cette Physique anglaise est toute mécanique; elle emploie exclusivement les hypothèses imaginatives.

Par contre, de toutes les doctrines physiques, celle qui s'est le plus énergiquement refusée à réduire toutes les propriétés des corps à des combinaisons de figures géométriques et de mouvements locaux, c'est assurément la Physique péripatéticienne. En fut-il aucune, cependant, qui ait plus fermement revendiqué le titre de science du réel?

Ces deux questions : La théorie physique a-t-elle ou non une valeur de savoir? la théorie physique doit-elle ou non être mécaniste ? nous semblent donc être deux problèmes logiquement indépendants. Nous avons insisté sur cette indépendance, car elle pourrait aisément être méconnue par le lecteur de la *Théorie de la Physique*, si même elle ne l'a point été par l'auteur. Il semble, en effet, que M. Rey regarde le Mécanisme comme une doctrine qui a pour conséquence nécessaire une absolue confiance en la valeur objective des théories de la Physique. Écoutons-le (p. 237) :

« La question de prouver l'objectivité de la Physique ne se pose même pas ici. L'objectivité de la Physique est le point de départ, le postulat nécessaire. Le moindre doute sur ce point, la moindre incertitude, la plus petite part de contingence, et l'on sort du Mécanisme. »

« Le grand problème, dit-il encore (pp. 254-256), que, partout, pour maintenir l'objectivité de la Physique, il a fallu résoudre, l'obstacle qu'on a surmonté avec difficulté et non sans laisser quelquefois une inquiétude demeurer sous la solution, a été de rejoindre les deux bouts de la chaîne après l'avoir brisée.

« Le Mécanisme ne connaît pas cette préoccupation. Le problème, pour lui, n'existe pas, car il a gardé purement et simplement la tradition de la Renaissance et la pensée de Galilée, de Descartes, de Bacon, de Hobbes.

« Le Mécanisme prend, comme terrain solide de construction, l'unité profonde de l'intelligible et de l'expérience, du pensable et du représentable, du rationnel et du perceptible. »

Or, cette identité foncière du réel et de l'intelligible, cette *adæquatio rei et intellectus*, n'est-elle pas le postulat premier et comme la formule essentielle du Péripatétisme, c'est-à-dire de la plus réaliste, de la plus objective, mais, en même temps, de la moins mécaniste, de la plus qualitative des Physiques?

Le lien indissoluble que M. Rey pense établir entre le Mécanisme et la croyance à la valeur objective des théories nous paraît donc être une confusion. Cette confusion en engendre d'autres.

« Le Mécanisme pose (pp. 235-241), et c'est là sa base inébranlable d'où peuvent se déduire tous ses autres caractères, une continuité directe et immédiate entre l'expérience et la théorie... La théorie tout entière sort de l'expérience, et veut être le décalque de l'objet. C'est l'objet empirique qui la fonde, la modèle, lui donne ses principes, sa direction, son développement pas à pas, ses résultats et sa confirmation. Il n'est rien dans la Physique théorique qui ne soit appuyé sur l'expérience, qui n'en soit issu directement et qui ne soit confirmé par elle. On le prétend du moins. Et toute hypothèse, si hasardée et si générale qu'elle soit, sera fondée sur l'expérience et sera essentiellement une *hypothèse vérifiable*.

« ... Aussi le Mécanisme répugne-t-il à toute généralisation qui ne serait qu'une vue de l'esprit. Toute généralisation doit être conçue sous l'impulsion directe et en quelque sorte nécessaire de l'expérience. On doit généraliser quand l'expérience ne nous permet pas de faire autrement, quand la nature généralise presque pour nous. Une bonne généralisation, qui n'est pas une fiction dangereuse de l'imagination, sera l'extension naturelle que présente l'expérience elle-même lorsqu'on la fait varier.

« ... Ces vues n'ont pas varié de Newton à Berthelot. » Et M. Rey rappelle, à ce sujet, le mot célèbre de Newton : « *Hypotheses non fingo.* »

La méthode qu'il décrit ici est bien, en effet, la méthode inductive que Newton préconise en ce *scholium generale* sur lequel se ferme le livre des *Principes*. Mais cette méthode est-elle, comme le veut notre auteur, la « base inébranlable » du Mécanisme? Lorsque Newton la formule, est-ce en la préface à quelque traité de Physique mécaniste? Bien au contraire. Il énonce les règles de la Physique inductive pour les opposer, telle une infranchissable barrière, à ceux qui lui reprochent d'admettre l'attraction universelle comme une *qualité occulte*, de ne la pas expliquer par des combinaisons de figures et de mouvements. Les hypothèses qu'il se refuse à feindre, ce sont des hypothèses mécaniques sur la cause de la pesanteur, semblables à celles qu'imaginent Descartes ou Huygens; qu'on lise attentivement ce *scholium generale*, et l'on n'en doutera pas; on en doutera moins encore en constatant, à l'aide de la correspondance d'Huygens, quel scandale la méthode

Digitized by Google

inaugurée par Newton pour traiter la Physique causait parmi les mécanistes du temps, les Huygens, les Leibniz, les Fatio de Duilliers ; et l'on n'en doutera plus du tout si l'on étudie la préface, admirable développement du *scholium generale*, que Cotes a mise en tête de la seconde édition des *Principes*.

Il y a peu d'années, un géomètre, trop tôt enlevé à la Science, formulait de nouveau, avec autant de force que de netteté, les règles de la méthode inductive newtonienne. Est-ce un traité de Physique mécaniste que Gustave Robin prétendait composer en suivant cette méthode? Nullement; mais un cours de Thermodynamique d'où toute hypothèse mécanique se trouvait rigoureusement exclue.

Prenons donc comme très véritable qu'il n'existe aucun lien nécessaire entre la méthode inductive préconisée par Newton et la conception mécaniste de la Physique. Les mécanistes se sont vu opposer cette méthode bien plus souvent qu'ils ne se sont réclamés d'elle. On peut (nous l'avons fait ailleurs) critiquer la méthode purement inductive; on peut s'efforcer de prouver qu'elle est essentiellement impraticable; mais, en tous cas, cette critique doit être nettement distinguée de la critique du Mécanisme; les résultats de l'une n'importent guère à l'autre; le rejet de la méthode newtonienne n'implique pas la ruine des théories mécanistes; l'adoption de celle-là n'assure pas davantage le triomphe de celles-ci.

Aisément une contradiction en engendre une autre; de celle que nous venons de dissiper, une seconde est issue, que nous allons essayer de dissiper à son tour :

« Dans la théorie mécaniste (p. 251), la continuité entre la Physique expérimentale et la Physique théorique est aussi complète qu'on peut la concevoir. Il n'y a même plus lieu de les distinguer : expérience et théorie s'impliquent et, au terme, s'identifient. »

« ... On sait (p. 257) en quoi consistent intégralement les éléments figurés que le Mécanisme met à la base de la Physique théorique. Son nom de Mécanisme vient de là : ce sont des éléments qui sont déjà étudiés par la Mécanique, et les sciences que la Mécanique suppose, la Science du nombre et la Géométrie : espaces et temps homogènes, déplacements, forces, vitesses, accélérations, masses, voilà les figures, les représentations à l'aide desquelles on se propose de rendre intelligible l'Univers physique. Pourquoi la Physique, depuis trois siècles, aboutit-elle toujours à ces éléments, à ces mêmes éléments, à ces seuls éléments, on l'a vu tout à l'heure... Il n'y a de connaissance que celle que l'expérience nous impose. C'est donc parce que l'expérience nous a fait, jusqu'à présent, retomber sur ces éléments, c'est parce que toute représentation, toute perception sensible se laisse décomposer jusqu'à ces éléments, et recomposer à partir de ces éléments, c'est parce que l'analyse et la synthèse sont objectivement représentables avec eux et ne sont objectivement représentables qu'avec eux, que nous avons le droit et l'obligation de les poser comme les éléments primordiaux de la théorie physique. »

Il est certain que les notions au moyen desquelles se construisent les théories mécanistes, à savoir la figure et le mouvement, sont très directement fournies par l'expérience. Mais il est non moins certain que l'expérience nous fournit tout aussi directement d'autres notions, par exemple le clair et l'obscur, le rouge et le bleu, le chaud et le froid. Enfin, il est encore certain que l'expérience, livrée à ses propres ressources, n'établit absolument aucune relation entre ces notions-ci et celles-là; elle nous présente les dernières comme radicalement distinctes des premières, comme essentiellement hétérogènes aux premières.

Le point de départ des théories mécanistes est en cette affirmation : Les notions de la première catégorie correspondent seules à des objets simples et irréductibles; celles de la seconde catégorie correspondent à des réalités complexes qui peuvent et doivent se résoudre en des assemblages de figures et de mouvements.

Une telle affirmation est évidemment transcendante à l'expérience; seule, sans secours étranger, l'expérience ne pourrait rien ni pour, ni contre cette affirmation.

Pour que le contact puisse s'établir entre une telle proposition et l'expérience, il faut un intermédiaire. Cet intermédiaire, c'est l'ensemble des hypothèses qui substituent aux notions de clarté, de rouge, de bleu, de chaud, des combinaisons plus ou moins complexes d'idées fournies par la Géométrie et par la Mécanique. Entre les données immédiates de l'observation et les énoncés de la théorie mécaniste, il n'y a donc pas continuité immédiate; des unes aux autres, le passage n'est assuré que par l'opération très arbitraire qui met des groupements d'atomes et de molécules, qui imagine des vibrations, des courses et des chocs, là où nos yeux ne voient que des objets plus ou moins éclairés et diversement colorés, là où nos mains n'appréhendent que des corps plus ou moins chauds.

Une telle théorie est bien moins autorisée à se donner pour la continuation directe et forcée de l'expérience qu'une théorie telle que l'Énergétique, pour laquelle la lumière reste de la lumière et le chaud du chaud; qui persiste à distinguer ces qualités de la figure et du mouvement, parce que l'ob-

Digitized by Google

servation nous les donne comme autres que la figure et le mouvement; et qui, sans leur imposer une réduction que l'expérience n'a point manifestée, se borne à repérer, au moyen d'une échelle numérique, les diverses intensités d'éclairement ou les diverses températures.

Cette profonde fissure, qui sépare les qualités directement observables des grandeurs géométriques et mécaniques auxquelles on prétend les réduire, marque les théories mécanistes d'un caractère si essentiel et si évident, que tous les adversaires du Mécanisme y ont vu le point faible, le défaut de la cuirasse où devaient viser leurs attaques. Le reproche constant adressé par eux à la doctrine qu'ils veulent ruiner, c'est qu'il lui faut, pour combler cette béante fissure, combiner arbitrairement les agencements les plus compliqués, accumuler les *masses cachées* et les *mouvements cachés*. Lorsque Newton lançait son fameux *hypotheses non fingo*, c'est précisément cette besogne qu'il se refusait à entreprendre.

Une dernière confusion nous semble devoir être dissipée :

« Les esprits abstraits, dit M. Rey (p. 379), sont mieux faits pour ordonner ce qui a déjà été acquis, les connaissances bien établies; ils revêtent la Science de sa rigueur logique et de son exactitude rationnelle. Les seconds, les imaginatifs, sont, au contraire, mieux faits pour découvrir; c'est à eux surtout, et l'histoire des sciences le confirmerait facilement, que nous devons la plupart des choses que nous avons apprises. On voit de suite que les théories énergétistes seront l'œuvre du premier genre d'esprit, et serviront remarquablement à classer et à utiliser la science acquise. Les théories mécanistes seront l'œuvre des esprits à tournure concrète et serviront surtout à l'investigation et à la découverte. »

La méthode énergétique serait donc essentiellement une méthode d'exposition; la méthode mécaniste serait proprement la méthode d'invention.

Cette antithèse a séduit plus d'un penseur parmi ceux qui ont réfléchi sur la théorie physique. M. Rey croit qu'il serait aisé de la justifier par l'Histoire; la question de savoir ce qu'elle vaut est, en effet, une question d'ordre historique. Nous avouons qu'à notre avis l'Histoire, soigneusement et impartialement consultée, dirait que cette antithèse est sans fondement.

Non pas que nous voulions prétendre que les théories mécanistes n'aient jamais suggéré aucune découverte; il serait aisé de démentir cette prétention par des exemples. Et, d'ailleurs, l'invention ne se laisse point soumettre à des règles absolues. Quelle est la supposition, si étrange et si déraisonnable qu'on la suppose, dont on puisse affirmer qu'elle n'a jamais engendré et qu'elle n'engendrera jamais aucune découverte?

Nous entendons seulement dire que le Mécanisme n'a point eu dans le passé la fécondité insigne qu'on lui attribue. On est dupe d'une illusion. Un très grand nombre de découvertes ont été produites par des physiciens qui adhéraient fermement aux principes des théories mécanistes; on admet tout aussitôt que ce sont ces principes qui leur ont suggéré leurs géniales inventions. Une étude attentive de l'œuvre de ces physiciens montre presque toujours que cette conclusion ne vaut pas. Ce ne sont pas, en général, les méthodes mécanistes qui leur ont dévoilé les vérités dont ils ont enrichi la Science, mais l'esprit de comparaison e de généralisation, mais une foule de considérations où les doctrines du Mécanisme n'avaient aucune part. Bien loin que les combinaisons de figures et de mouvements leur aient facilité le travail de l'invention, c'est presque toujours à grand'peine qu'ils sont parvenus à agencer des systèmes capables de s'accommoder tant bien que mal des vérités qu'ils avaient découvertes en dépit de leur Philosophie mécaniste. L'œuvre, déjà bien ancienne, de Descartes ou de Huygens nous pourrait ici servir d'exemple, aussi bien que l'œuvre plus récente de Maxwell ou de lord Kelvin.

Si l'on veut donc marquer les avantages de la méthode mécaniste sur la méthode énergétiste, on doit renoncer à invoquer soit une continuité plus parfaite avec les données de l'expérience, soit une aptitude plus grande à provoquer l'invention. Il est deux avantages, et deux avantages seulement, dont on peut très légitimement faire état :

En premier lieu, et cet avantage-là ne peut être contesté par personne, les notions, supposées premières et irréductibles, au moyen desquelles le Mécanisme construit ses théories sont extrêmement peu nombreuses, moins nombreuses qu'elles ne sont en toute doctrine énergétiste. Le Mécanisme cartésien n'emploie que la figure et le mouvement; l'Atomisme admet la figure, le mouvement et la masse; le Dynamisme newtonien y joint seulement la force;

En second lieu, les combinaisons de petits corps que le Mécanisme substitue aux qualités directement fournies par l'expérience diffèrent des symboles purement numériques que l'Énergétique emploie pour repérer l'intensité de ces mêmes qualités, en ce que ces édifices se peuvent dessiner et sculpter; cet avantage-là n'est pas de même valeur pour tous les esprits; les esprits abstraits ne le prisent guère; mais les esprits imaginatifs, qui sont les plus nombreux, le regardent comme de première importance.

Digitized by Google

Avec ces notions très peu nombreuses, aisément accessibles aux esprits qui ont, selon le langage de Pascal, plus d'ampleur que de force, le Mécanisme prétend représenter les lois de la Physique aussi bien que peut le faire l'Énergétisme. Cette prétention est-elle justifiée? C'est là une question de fait à débattre entre physiciens; l'opinion que l'on peut avoir touchant la valeur de *savoir* que l'on doit accorder à la Théorie physique n'a pas à intervenir dans cette discussion.

III

Laissons donc de côté cet examen du Mécanisme, et venons au problème qui est l'objet essentiel de la thèse de M. Rey.

Ce problème, commençons par le formuler nettement; ce sera le plus sûr moyen de ne pas nous méprendre sur l'exacte portée des arguments de l'auteur.

L'expérience, nul n'en doute, nous enseigne des vérités; livrée à elle-même, elle suffirait à amasser un ensemble de jugements sur l'Univers ; cet ensemble constituerait la *connaissance empirique*.

La théorie s'empare des vérités découvertes par l'expérience; elle les transforme et les organise en une doctrine nouvelle, qui est la *Physique rationnelle* ou *Physique théorique*.

Quelle est exactement la nature de la différence entre la Physique théorique et la connaissance empirique?

La théorie est-elle simplement un artifice qui nous rend les vérités de la connaissance empirique plus aisées à manier, qui nous permet d'en faire un usage plus prompt et plus profitable en notre action sur le monde extérieur, mais qui ne nous enseigne, au sujet de ce monde, rien qui ne nous soit déjà enseigné par la seule expérience?

Ou bien, au contraire, la théorie nous apprend-elle, touchant le réel, quelque chose que l'expérience ne nous a pas appris et qu'elle ne pourrait pas nous apprendre, quelque chose qui soit transcendant à la connaissance purement empirique?

S'il faut répondre affirmativement à cette dernière question, nous pourrons dire que la théorie physique est *vraie*, qu'elle a une *valeur de savoir*. Si c'est, au contraire, la première question qui nous contraint de dire: oui, nous devrons dire aussi que la théorie physique n'est pas *vraie*, mais simplement *commode*, qu'elle n'a aucune valeur de savoir, mais seulement une *valeur pratique*.

Pour trancher ce dilemme, M. Rey a, nous l'avons dit, institué une enquête auprès des hommes de science qui ont examiné de près la valeur de la théorie physique. Suivons, avec lui, cette enquête.

Le premier avis recueilli est celui de Rankine ; il se résume ainsi (p. 65): « L'expérience, pour fournir les bases solides, tangibles de la Science, pour construire une science qui soit un *savoir*; le mathématisme, pour qu'on puisse déduire avec rigueur toutes les conséquences de l'expérience, afin de les prévoir d'une façon précise, pour qu'on puisse faire servir d'une façon assurée toutes les connaissances acquises à la découverte des connaissances nouvelles. » Voilà des affirmations qui semblent nettement déclarer que l'œuvre théorique accomplie par le mathématisme n'a qu'une valeur de commodité plus grande, qu'elle ne surajoute aucune connaissance à ce que l'expérience nous a appris.

Et cependant (p. 66), nous trouvons en Rankine « un véritable enthousiasme pour la Science au progrès de laquelle il travaille, une confiance inébranlable dans les résultats qu'elle a acquis et dans ceux qu'elle lui fait espérer. Nulle trace de scepticisme, ni même d'agnosticisme dans l'œuvre du physicien anglais. La valeur objective de la Physique est au-dessus de la critique. » Voilà une attitude qui contraste étrangement avec les résultats de la critique par laquelle Rankine assigne un but purement utilitaire au mathématisme théorique !

Écoutons maintenant M. Ernst Mach. La doctrine si claire de M. Mach se résume tout entière en un principe, le principe d'*économie de la pensée*. Le savant autrichien formule ce principe en ces termes : « Toute science a pour but de remplacer l'expérience par les opérations intellectuelles les plus courtes possibles. » Voilà pourquoi la Physique condense d'abord une infinité de faits, réels ou possibles, en une loi unique; pourquoi, d'une foule de lois, elle compose une synthèse extrêmement concentrée, qu'elle nomme une théorie. « Il s'agit (p. 103) de disposer dans un ordre systématique les faits qui se présentent et qu'il faut reconstruire par la pensée, d'en former un *système* de telle façon que chacun d'eux puisse être retrouvé et rétabli avec la *moindre dépense intellectuelle*. » Il est impossible de dire plus clairement que l'œuvre systématique de la théorie ne prétend, à aucun degré, à accroître la dose de vérité que l'expérience nous a fournie, qu'elle cherche seulement à nous rendre le savoir empirique plus aisément assimilable et maniable.

Et cependant, si la critique logique que M. Ernst Mach a poursuivie avec tant de finesse et de sûreté l'a conduit à réduire la théorie à n'être qu'un outil économique, presque un moyen mnémotechnique, il ne paraît pas qu'il se veuille contenter pour elle de cet humble rôle. M. Rey interprète sa pensée en ces termes (p. 105): « La synthèse unitaire des connaissances physiques à laquelle vise la Science dans son développement formel n'a pas,

Digitized by Google

du reste, une simple valeur d'épargne et de coordination harmonique. Elle n'est pas un couronnement esthétique de l'œuvre scientifique. » Et il semble bien, en effet, que M. Mach y voie plus et mieux que cela, lorsqu'il s'écrie : « Une conception suffisante du Monde ne peut pas *nous être donnée*, nous devons l'acquérir, et ce n'est qu'en laissant le champ libre à l'intelligence et à l'expérience, là où elles doivent décider seules, que nous pouvons espérer nous rapprocher, pour le bien de l'humanité, de l'idéal d'une conception *unitaire* du Monde qui, seule, est compatible avec l'ordonnance d'un esprit sainement constitué. »

Après avoir recueilli l'opinion de Rankine et celle de M. Mach, M. Rey nous fait l'honneur de recueillir notre avis; au sujet de cet avis, nous n'insisterons pas; il apparaîtra clairement, pensons-nous, en ces pages. Nous remercierons seulement l'auteur de la peine très grande qu'il a prise pour mettre de l'ordre en des pensées que nous avions semées aux quatre vents du ciel. Cette peine, il aurait pu se l'épargner si, au lieu de consulter seulement les articles divers où notre doctrine s'était essayée, il avait lu l'ouvrage où notre opinion sur *la Théorie physique, son objet et sa structure* a cherché à s'affirmer dans sa plénitude.

Après avoir passé en revue les adversaires du Mécanisme, M. Rey va consulter ceux qui gardent, en présence de cette doctrine, une attitude simplement critique; c'est M. Henri Poincaré qui parlera en leur nom.

M. Rey s'est efforcé, avec beaucoup de talent, de mettre une parfaite continuité dans les affirmations que M. Poincaré avait formulées, à diverses époques, au sujet de la valeur de la théorie physique. Nous craignons que cette unité ne soit plus artificielle que réelle. Il nous semble qu'à les bien entendre, les opinions de l'illustre mathématicien forment deux groupes qu'un abîme sépare; elles paraissent, au premier abord, se contredire formellement d'un groupe à l'autre; mais bien loin qu'une telle attitude soit déraisonnable, nous la croyons parfaitement justifiée par une logique supérieure; nous aurons occasion de le montrer tout à l'heure.

L'étude des physiciens anglais, de Maxwell en particulier, a conduit M. Poincaré à critiquer les principes sur lesquels reposent les théories physiques; cette critique l'a mené à des conclusions qu'il a formulées avec la netteté dont il est coutumier : « L'expérience est la source unique de vérité; elle seule peut nous apprendre quelque chose de nouveau; elle seule peut nous donner la certitude. » Les hypothèses sur lesquelles repose la théorie physique « ne sont ni vraies, ni fausses »; ce sont simplement des « conventions commodes ». Il serait donc insensé de croire qu'elles surajoutent un savoir quelconque à la connaissance purement empirique.

La critique logique qu'il avait menée avec une impitoyable rigueur acculait M. Henri Poincaré à cette conclusion toute pragmatiste : La Physique théorique n'est qu'une collection de recettes. Contre cette proposition, il a éprouvé une sorte de mouvement de révolte, et il a hautement proclamé que la théorie physique nous donnait autre chose que la simple connaissance des faits, qu'elle nous faisait découvrir les rapports réels des choses les unes avec les autres.

Telle est, nous semble-t-il, l'histoire, vue en un très sommaire raccourci, des jugements de M. H. Poincaré sur la valeur de la théorie physique.

Voyons maintenant quels jugements vont porter, en ce même procès, les continuateurs du Mécanisme.

Comment M. Rey définit-il l'esprit du Mécanisme moderne, esprit fort opposé à celui du Mécanisme dogmatique que professaient les Descartes, les Huygens, les Boscovich et les Laplace ?

« Le Mécanisme (p. 225) ne cherche plus à donner une figuration *ne varietur* de son objet. Il se présente, au contraire, essentiellement comme une méthode de recherche, de découverte et de progrès. Tout ce à quoi le Mécanisme prétend, c'est au droit d'user de représentations figuratives, modifiables bien entendu, à mesure que la nature se révèle à nous d'une façon plus complète... La Physique mécaniste ne réclame pas l'unité actuelle d'un schème mécanique; elle réclame le droit de se servir de schèmes mécaniques pour l'interprétation et la systématisation des phénomènes physico-chimiques. »

Ainsi, le Mécaniste vraiment conscient des démarches de sa propre pensée ne nous donne plus ses combinaisons de figures et de mouvements pour des réalités sous-jacentes aux qualités directement perçues; il y voit seulement, selon le mot de l'École anglaise, des *modèles* qui lui rendent plus aisée l'intelligence des connaissances empiriques déjà acquises, qui lui facilitent la découverte de faits nouveaux; il ne les prend que comme constructions fragiles et provisoires, comme *échafaudages* sans lien essentiel avec le monument à l'achèvement duquel il travaille.

Et cependant : « La conclusion qui ressort de l'analyse du Mécanisme (p. 268), c'est l'objectivisme de ce système. Le Mécanisme, c'est, si l'on veut, la croyance en la réalité de la théorie physique (quand celle-ci a été contrôlée), en donnant, en cette formule, aux mots *croyance* et *réalité*, la même valeur que dans cette autre formule : la croyance en la réalité du monde extérieur.

« Le Mécanisme prétend s'acheminer, au milieu

Digitized by Google

des conjectures insuffisantes et erronées, vers la reproduction de l'expérience physique totale. Au terme, nous devons avoir la description complète de l'Univers matériel depuis les phénomènes élémentaires qui en constituent la trame, jusqu'aux détails complexes sous lesquels il apparaît à nos sens. »

L'enquête de M. Rey s'arrête ici; nous pouvons, nous, la pousser plus loin et interroger M. Rey lui-même; l'œuvre qu'il vient d'accomplir lui confère assurément le droit d'être entendu en ce débat. Quelles sont donc les conclusions auxquelles l'ont conduit ses patientes recherches dans les écrits des autres, et ses propres méditations?

Il déclare (pp. IV-V) « que tous les physiciens admettent un fonds sans cesse accru de vérités nécessaires et universelles; que ce fonds de vérité est l'ensemble des résultats purement expérimentaux ». Il admet « que les théories ne sont que des instruments de travail et de systématisation; ce qui n'est pas amoindrir leur rôle, car elles se trouvent être ainsi le ressort de toute découverte et de tout progrès dans la science physique. »

« La théorie physique, dit-il encore (p. 354), n'a pas, par elle-même, et indépendamment de l'expérience, une valeur réelle. Seulement, elle a une valeur méthodologique... Elle est l'instrument nécessaire du physicien; un physicien ne fait pas de Physique sans une théorie quelle qu'elle soit. »

Les théories (p. 355) « ne peuvent prétendre — actuellement du moins — qu'à une valeur technique, utilitaire, et non à une valeur objective. La théorie physique, ou plutôt la Physique théorique, ensemble des théories physiques d'une même forme, n'est qu'un *organon* ».

« Si les théories physiques sont essentiellement des méthodes (pp. 357-358), on conçoit aisément qu'elles puissent être multiples... La multiplicité, les divergences n'existent et ne peuvent exister entre les physiciens que dans le domaine de l'hypothèse. L'hypothèse n'a, à son tour, de rôle que comme méthode de recherche. Les théories physiques ne sont multiples et divergentes qu'en ce qu'elles ont avant tout une valeur méthodologique, et que, par là, elles relèvent de l'arbitraire de l'esprit, du choix, de l'hypothèse, sous quelque nom qu'on la déguise. »

Il n'y a pas, en Physique, de vérités autres que les faits d'expérience; les théories ne sont que des moyens de classification et des instruments de recherche; la Physique peut donc user simultanément de théories distinctes et incompatibles; la Physique théorique n'a qu'une valeur technique et utilitaire; telles sont les affirmations auxquelles M. Rey est logiquement conduit par sa critique des procédés dont use la Physique et par son examen des opinions diverses des physiciens. Quel pragmatiste pourrait souhaiter des conclusions qui lui fussent plus favorables? Ne semble-t-il pas que l'auteur abonde très fort dans le sens de ceux qui définissent les théories physiques : Des recettes qui prétendent guider notre action sur la Nature, et qui réussissent?

Et cependant, comme on se méprendrait sur la véritable pensée de l'auteur si l'on se bornait à recueillir de semblables affirmations! On le rangerait au nombre des plus zélés partisans de la philosophie de l'Action, alors que son livre a été précisément composé pour répondre au Pragmatisme, alors que la proposition qu'il prétend justifier se formule en ces termes (p. 359) : « Les sciences physico-chimiques ont une réelle valeur de *savoir*. Par *valeur de savoir* ou valeur théorique, j'entends leur valeur par rapport à une connaissance sans cesse plus étendue et plus profonde de la Nature, et j'exclus leur valeur par rapport à l'utilisation pratique des forces naturelles. »

Les jugements que nous avons recueillis textuellement en l'écrit de M. Rey expriment donc une partie de la pensée de l'auteur, mais une partie seulement; ils formulent les conclusions qu'il a été contraint d'énoncer à la suite de son enquête et de son étude critique; ce n'est là que la surface de sa doctrine, très claire et très apparente au premier examen, mais sans lien, semble-t-il, avec le fond même de sa raison; c'est une pensée adventice et comme imposée du dehors; au-dessous de cette pensée, il en est une autre, jaillie spontanément des parties les plus intimes de l'entendement; et cette pensée sous-jacente supporte impatiemment le poids de celle qui la recouvre; elle proteste contre les affirmations que la critique logique prétend lui imposer, et le ton formel et précis de ces affirmations ne parvient pas à étouffer les démentis que leur oppose la Nature.

Dès les premières pages (pp. IV-V) de son livre, M. Rey proclame, « avec tous les physiciens, qu'il existe un fonds sans cesse accru de vérités nécessaires et universelles; que ce fonds de vérités est formé par l'ensemble des résultats expérimentaux ». Le logicien qui est en lui sait fort bien, cependant, que tout résultat d'expérience est particulier et contingent; mais la Nature proteste contre la Logique; elle lui crie que les vérités particulières et contingentes révélées au physicien par les observations sont les formes concrètes sous lesquelles se manifestent à lui des vérités nécessaires et universelles, bien que ses méthodes ne lui permettent pas de contempler face à face de telles vérités.

La critique logique ne parvient à voir dans les théories physiques que des outils; or, un ouvrier emploie l'outil qui lui convient, il le tient comme il

Digitized by Google

lui plaît, il est libre de le rejeter pour en adopter un autre; la commodité, voilà son seul guide; pourvu que son ouvrage soit bien fait, qu'importe le procédé qui lui a semblé le plus propre à l'accomplir! Ainsi en va-t-il des théories physiques; le physicien les peut construire arbitrairement; il peut en changer quand bon lui semble; il peut se réclamer successivement de toutes les Écoles, aujourd'hui atomiste, demain dynamiste, après demain énergétiste; pourvu qu'il invente, pourvu qu'il découvre de nouveaux faits, nul n'a le droit de l'accuser d'incohérence, nul ne peut lui reprocher ses palinodies.

Et voici qu'à l'encontre de ces enseignements de la critique, la Nature proteste de nouveau : « La théorie physique (p. 354) n'est pas la suggestion purement individuelle, dont chaque savant peut se servir ou qu'il peut rejeter comme bon lui semble... Si plusieurs formes théoriques sont aujourd'hui en présence, elles ne s'opposent pas comme le rêve d'un individu au rêve d'un autre individu; elles s'opposent comme la conception d'une École à la conception d'une autre École, c'est-à-dire comme quelque chose qui prétend à être stable, à rallier des esprits dans une même voie ».

De quel droit un procédé purement technique prétend-il s'imposer à toute une École? De quel droit, surtout, prétendrait-il à se faire universellement adopter, de telle sorte que tous les ouvriers du monde fussent obligés d'accomplir la même besogne de la même manière? Et cependant, cette prétention à l'universelle unité, ridicule si elle n'est qu'un outil, qu'un *organon*, la théorie physique n'hésite pas à l'affirmer (p. 375) : « La physionomie actuelle de la Physique n'est pas celle qu'elle présentera toujours. Tout porte à penser, au contraire, qu'elle n'est due qu'à des contingences relativement transitoires... Les divergences, les oppositions mêmes que l'on remarque entre les théories physiques iront donc en s'atténuant, à mesure que la Physique progressera; et elles sont allées en s'atténuant à mesure que la Physique a progressé. Elles ne tiennent pas à la nature de la Physique; elles tiennent à la phase initiale de son développement.

« Aussi, dès qu'on lit les réflexions d'un physicien, quel qu'il soit, sur la Physique, ne le voit-on jamais émettre le moindre doute sur l'unité profonde de la science et sur l'accord final des théories, au moins dans leurs lignes générales. Tous sous-entendent que les divergences ne sont que temporaires. »

Admettons-le; supposons que toutes ces divergences se soient effacées; que l'on soit enfin parvenu à construire cette théorie unique, acceptée de tous, vers laquelle aspirent es physiciens. Cette théorie bénéficiera du consentement universel; son essence ne saurait, cependant, en être changée. Or, la critique logique nous apprend que la théorie physique n'est, essentiellement, qu'un moyen de classification, qu'elle ne contient pas une parcelle de vérité qui ne lui ait été apportée par l'expérience. Lorsque tous les physiciens auront adopté une même théorie, en laquelle aucune loi expérimentale ne sera omise, que sera la Physique théorique? Elle ne sera, encore et toujours, que la connaissance empirique mise en ordre; l'ordre s'étendra à toute la connaissance empirique; le mode de classification d'où procède cet ordre sera employé par l'unanimité des hommes de science; néanmoins, la Physique théorique, plus commodément maniable, plus pratique que la connaissance empirique toute brute et inorganique, n'aura pas d'autre *valeur de savoir* que celle-ci.

Ainsi parle la critique; mais aussitôt la Nature élève la voix pour la démentir :

« Les théories (p. v) constituent le domaine de l'hypothèse, c'est-à-dire... des *approximations successives de la vérité*; ce qui suppose une vérité dont elles approchent de plus en plus... Il est légitime de parler d'un esprit homogène, idéal des sciences physiques; il promet à la fois une logique positive future des sciences physiques, et une philosophie *humaine* de la matière et de sa connaissance. »

La critique logique de la méthode employée par la Physique et des témoignages des physiciens a donc conduit M. Rey à cette affirmation : La théorie physique n'est qu'un instrument propre à accroître la connaissance empirique; rien n'est vrai en elle que les résultats de l'expérience. Mais la Nature proteste contre ce jugement; elle déclare qu'il existe une vérité universelle et nécessaire; que la théorie physique, par les incessants progrès qui l'étendent continuellement en la rendant toujours plus une, nous donne une aperception, de jour en jour plus parfaite, de cette vérité; en sorte qu'elle constitue une véritable philosophie de l'Univers matériel.

IV

La lecture de l'ouvrage de M. Rey nous a montré que cet auteur prenait, tour à tour, deux attitudes distinctes et comme opposées l'une à l'autre : une attitude réfléchie et critique, une attitude instinctive et spontanée. La réflexion critique le contraint de déclarer que la Physique théorique ne sait rien que les vérités, forcément contingentes et particulières, révélées par l'expérience; que la théorie, simple instrument de classification et de découverte, n'ajoute aucun savoir à la connaissance purement empirique. Au contraire, une intuition instinctive et spontanée le pousse à affirmer qu'il existe une

Digitized by Google

vérité absolue et universelle, partant transcendante à l'expérience; que le progrès par lequel la théorie physique devient toujours plus ample et toujours plus une, s'oriente vers une certaine aperception, de jour en jour plus précise et plus complète, de cette vérité.

Ces deux démarches, en des sens opposés, de la raison de M. Rey, les déclarerons-nous contradictoires, les condamnerons-nous au nom de la Logique? Assurément non. Nous ne les condamnerons pas plus que nous n'avons condamné les deux tendances opposées que nous avons reconnues dans la pensée des continuateurs du Mécanisme, pas plus que nous n'avons taxé d'incohérence les propositions formulées par M. Poincaré tantôt pour refuser et tantôt pour accorder une valeur objective à la théorie physique. Chez M. Mach, chez M. Ostwald, chez Rankine, chez tous ceux qui ont scruté la nature de la Physique théorique, nous avons pu noter ces deux mêmes attitudes, dont l'une semble le contre-pied de l'autre. Il serait puéril de prétendre qu'il n'y a là qu'incohérence et absurdité; il est clair, au contraire, que cette opposition est un fait fondamental, essentiellement lié à la nature même de la théorie physique, fait qu'il nous faut loyalement constater et, si possible, expliquer.

Lorsque le physicien, portant son attention sur la science qu'il construit, soumet à un rigoureux examen les divers procédés qu'il a mis en œuvre pour la construire, il ne découvre rien qui puisse introduire en la structure de l'édifice la moindre parcelle de vérité, si ce n'est l'observation expérimentale. Des propositions qui prétendent énoncer des faits d'expérience, et de celles-là seulement, on peut dire : *c'est vrai*, ou : *c'est faux*. De celles-là, et de celles-là seulement, on peut affirmer qu'elles ne sauraient s'accommoder de l'illogisme et que, de deux propositions contradictoires, l'une au moins doit être rejetée. Quant aux propositions introduites par la théorie, elles ne sont ni *vraies*, ni *fausses*; elles sont seulement *commodes* ou *incommodes*; si le physicien juge commode de construire deux chapitres différents de la Physique au moyen d'hypothèses qui se contredisent, il est libre de le faire; le principe de contradiction peut servir à juger sans appel du vrai et du faux; il n'a aucun pouvoir pour décider de l'*utile* ou de l'*inutile*; obliger donc la théorie physique à garder, en son développement, une unité logique rigoureuse, ce serait exercer sur l'intelligence du physicien une tyrannie injuste et insupportable.

Lorsque après avoir soumis la science qui l'occupe à ce minutieux examen, le physicien rentre en lui-même, lorsqu'il prend conscience des tendances qui dirigent les démarches de sa raison, il reconnaît aussitôt que toutes ses aspirations les plus puissantes et les plus profondes sont déçues par les désespérantes constatations de son analyse. Non, il ne peut se résoudre à voir seulement en la théorie physique un ensemble de procédés pratiques, un ratelier chargé d'outils. Non, il ne peut croire qu'elle classe seulement les connaissances accumulées par la science empirique, sans transformer en rien la nature de ces connaissances, sans leur imprimer un caractère que l'expérience toute seule n'y eût point gravé. S'il n'y avait en la théorie physique que ce que sa propre critique lui a fait découvrir en elle, il cesserait de consacrer son temps et ses efforts à une œuvre de si mince importance. *L'étude de la méthode physique est impuissante à révéler au physicien la raison qui le porte à construire la théorie physique.*

A cet aveu, nul physicien, si positiviste qu'on le suppose, ne saurait se refuser; mais il faudra que son positivisme soit bien rigoureux, plus rigoureux même que celui dont M. Rey se réclame, pour qu'il n'aille pas au delà de cet aveu; pour qu'il n'affirme pas que ses efforts vers une théorie physique toujours plus une et toujours plus parfaite sont raisonnables, bien que la critique de la méthode physique n'ait pu en découvrir la raison. Cette raison, il lui sera bien difficile de ne la point mettre dans l'exactitude des propositions que voici :

La théorie physique nous confère une certaine connaissance du monde extérieur, qui est irréductible à la connaissance purement empirique; cette connaissance ne vient ni de l'expérience, ni des procédés mathématiqnes qu'emploie la théorie, en sorte que la dissection purement logique de la théorie ne saurait découvrir la fissure par laquelle elle s'est introduite en l'édifice de la Physique; par une voie dont le physicien ne peut nier la réalité, non plus qu'il n'en peut décrire le cours, cette connaissance dérive d'une vérité autre que les vérités dont nos instruments sont aptes à s'emparer; l'ordre dans lequel la théorie range les résultats de l'observation ne trouve pas sa pleine et entière justification dans ses caractères pratiques ou esthétiques; nous devinons, en outre, qu'il est ou tend à être une *classification naturelle*; par une analogie dont la nature échappe aux prises de la Physique, mais dont l'existence s'impose comme certaine à l'esprit du physicien, nous devinons qu'il correspond à un certain ordre suréminent.

En un mot, le physicien est forcé de reconnaître qu'*il serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique si cette théorie n'était le reflet, de plus en plus net et de plus en plus précis, d'une Métaphysique; la croyance en un ordre transcendant à la Physique est la seule raison d'être de la théorie physique.*

Digitized by Google

L'attitude, tour à tour hostile ou favorable, que tout physicien prend à l'égard de cette affirmation se résume en ce mot de Pascal : « Nous avons une impuissance de prouver invincible à tout le Dogmatisme; nous avons une idée de la vérité invincible à tout le Pyrrhonisme. »

Pierre Duhem.
Correspondant de l'Institut de France,
Professeur à l'Université de Bordeaux.

THÉORIE GÉNÉRIQUE ET EXPÉRIMENTALE DES TURBINES A VAPEUR ET A GAZ

PREMIÈRE PARTIE : THÉORIE GÉNÉRIQUE

Les turbines à vapeur et à gaz ont été l'objet, en ces dernières années, de nombreuses et remarquables recherches théoriques et expérimentales, et, si tout n'a pas encore été fait, il semble que presque tout ait été dit sur la question. Quelques-uns trouvent même qu'il a été assez écrit à leur gré, et ils souhaiteraient qu'il fût tiré de toutes ces magistrales études un énoncé concis à l'usage de ceux qui n'ont pas le temps de tout lire. Mais ce serait une entreprise impossible que de vouloir résumer en un chapitre de si nombreux Mémoires, résultant de la collaboration féconde de puissants esprits, d'expérimentateurs avisés et infatigables et d'ingénieurs habiles. C'est toute une bibliothèque dont il faudrait compulser et condenser les documents : il ne suffirait pas de dresser le catalogue systématique des ouvrages qui la composent, il faudrait les analyser et faire un extrait concentré de leur contenu.

Ce travail considérable tentera sans doute un jour quelque savant, qui joindra le zèle d'un bénédictin à de puissantes facultés de coordination et de synthèse : en attendant, il m'a semblé qu'on pouvait, du moins, essayer de mettre de l'ordre dans ces matériaux et de les classer par catégories, en employant l'admirable méthode du maître, du grand et illustre Hirn. Elle consiste à faire deux parts distinctes de ce qui ressort de la théorie pure et de ce qui est le fruit de l'expérience, en établissant séparément une théorie, qu'il a appelée générique, pour la distinguer de celle qui est plus spécialement expérimentale. La première prend pour objet de son étude des machines idéales, telles qu'on les conçoit, la seconde des machines réelles, telles qu'on les construit. Les fictions sur lesquelles est édifiée la première conduisent à des théorèmes très généraux et à des formules relativement simples, plus rigoureuses peut-être dans la forme que dans le fond, mais qui se prêtent à des discussions et à des parallèles utiles; la seconde, éclairée par la première, contrôle ses déductions, discute ses chiffres, les vérifie ou les rectifie, en faisant appel à l'expérience contre une théorie douteuse ou incomplète.

La théorie expérimentale est tributaire de la théorie générique, qui doit la précéder; c'est donc par celle-ci que nous commencerons notre exposé.

I

La terminologie en usage dans la littérature des turbines hydrauliques et les procédés employés pour calculer leurs éléments ont été transportés dans le domaine des turbines à vapeur et à gaz : il convient de les rappeler sommairement d'abord.

Dans toute turbine, il existe un stator qui amène l'eau, la dirige et la guide à son entrée dans les aubages dont est garnie la périphérie d'une roue mobile constituant le rotor; l'énergie de la chute se transmet à cet organe mobile par le moyen des vitesses relatives du liquide traversant les aubages, desquelles résulte une poussée plus forte sur une des faces que sur l'autre des cloisons des aubes; c'est ainsi que se produit l'entraînement du rotor.

On peut dire qu'on utilise la force d'une veine en mouvement dans les aubages mobiles; cette force résulte des changements de vitesse de la veine en grandeur et en direction, les canaux étant disposés de manière à produire ces changements de vitesse.

Mais il existe deux classes de turbines. Dans les unes, toute l'énergie disponible de la chute est à l'état cinétique dès la sortie du stator : ce sont les turbines *à action*, dénommées encore turbines *à impulsion*. Dans les autres, une partie seulement de l'énergie est devenue cinétique dans le stator, le restant étant encore sous forme potentielle de pression : cette dernière portion passe progressivement à l'état cinétique dans les aubages mobiles; ces turbines sont dites *à réaction*. Le degré de réaction est défini par le rapport du travail de détente effectué dans la roue au travail total de détente; nulle dans la turbine à action, la valeur de ce coefficient varie dans les diverses turbines à réaction, sans s'écarter beaucoup de la valeur moyenne de 50 %.

Digitized by Google

Dans la turbine à action, la roue reçoit donc et absorbe toute l'énergie à l'état cinétique, c'est-à-dire sous forme de puissance vive; l'eau est injectée par des ajutages distributeurs (fig. 1) ayant la forme de tuyères, et elle vient frapper et pousser la face concave des palettes de la roue. Ces palettes sont circulaires et elles sont disposées symétriquement par rapport au plan moyen de la roue; les canaux courbes formés par elles et constituant les aubages ont une section de sortie que nous supposerons égale à celle d'entrée; les pressions d'entrée et de sortie sont, par suite, égales aussi. La même pression règne non seulement dans toute la longueur d'un aubage, mais encore dans la chambre qui renferme le rotor; il n'y a dès lors pas de fuite possible au jeu qui existe inévitablement entre stator et rotor. L'injection peut n'être que partielle, c'est-à-dire ne s'effectuer que par un petit nombre de tuyères sur une partie de la périphérie de la roue; d'ordinaire, la veine fluide ne remplit pas les aubages sur lesquels elle est dirigée[1].

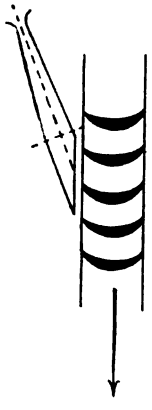


Fig. 1.

Toutes différentes sont les dispositions des roues à réaction, et les choses s'y passent autrement. Une couronne complète de canaux distributeurs débite l'eau sur les aubages de la roue : une fraction seulement de l'énergie est devenue cinétique dans les premiers; la chute de pression qui achève de se produire dans le rotor s'y transforme en puissance vive en engendrant de la vitesse. Les palettes ne sont plus symétriques (fig. 2), et les sections des aubages ne sont plus égales à l'entrée et à la sortie : le fluide les remplit entièrement. Tous les aubages doivent être alimentés également, sinon il s'en trouverait qui seraient à la pression de sortie plus faible, et l'écoulement serait troublé par des remous nuisibles. La pression au jeu, existant entre stator et rotor, est plus grande que celle de la chambre, et il peut se produire des fuites tout le long du joint entre stator et rotor.

Fig. 2.

Les différences que nous venons de relever entre les deux classes de turbines sont essentielles. Les mots d'action et de réaction les rappellent peut-être à ceux qui savent, mais ne les expriment assurément pas[2].

Un caractère est commun aux deux classes : le fluide s'échappe du rotor avec une certaine vitesse, qui constitue un déchet dont l'importance relative influe sur le rendement; c'est la perte inévitable à la décharge dans tout moteur.

Les spécifications générales qui précèdent s'appliquent entièrement aux turbines à vapeur, à gaz chauds et tonnants, à pétrole et à gaz liquéfiables, dont les systèmes se classent de même, mais avec une variété plus grande de détails.

En 1889, M. de Laval construisait un type remarquable de turbine à action, à roue unique, qui est classique. Dès 1854, l'ingénieur des mines Tournaire avait décrit, dans une Note à l'Académie des Sciences, une turbine à réaction, que les brevets Parsons de 1884 ont mise au point et qui a pris rapidement un essor merveilleux. On peut estimer aujourd'hui à bien près d'un million de chevaux effectifs la puissance totale développée par les turbines Parsons, sur terre et sur mer. Mais il est intéressant de noter que les turbines plus récentes, qui disputent à la Parsons le champ de l'industrie, sont des turbines à action; telles sont les turbines Rateau, Curtis, Bréguet, Zoelly, Riedler-Stumpf, Schultz, Electra, Sulzer, Seger, AEG, etc., etc.

Dans tous ces appareils, le rotor n'est ordinairement plus constitué par une roue unique, mais par des séries de roues disposées à la suite les unes des autres et alimentées en cascade, le fluide passant de l'une à l'autre : certaines de ces turbines sont à chute de pression, les autres à chute de vitesse, mais il en est aussi d'un genre mixte. Dans les premières, les roues sont séparées par des cloisons fixes, de sorte que chacune d'elles occupe sa cellule spéciale, dans laquelle règne une pression constante et uniforme; il y a donc cascade de pression d'une cellule à l'autre. Telles sont les turbines Curtis, Rateau, Zoelly, etc. Au contraire, les turbines à chute de vitesse (Riedler-Stumpf, Electra) sont caractérisées par le fait que le fluide moteur, amené d'un coup à la pression d'aval, agit sur les roues successives en épuisant graduellement sa vitesse, par son passage de l'une à l'autre. La vitesse s'éteint ainsi progressivement depuis la vitesse initiale jusqu'à la vitesse de sortie de la turbine. D'une roue à l'autre, le fluide traverse des directrices qui donnent au flux la direction convenable pour qu'il travaille dans les meilleures conditions sur la roue qui suit. Les turbines du genre mixte sont constituées par des groupes de roues renfermées dans des chambres distinctes; dans chaque chambre s'effectue une chute de vitesse; il y a chute de pression d'une chambre à l'autre. A ce type appartiennent les turbines Seger, AEG de Berlin, etc., à action, ainsi que la Parsons à réac-

[1] C'est le cas désigné sous le nom de *libre déviation*.

[2] La langue allemande a adopté les mots de turbine à pression et surpression (*druck* et *überdruck-turbine*), qui n'indiquent pas mieux le caractère spécial des deux classes.

Digitized by Google

tion. La multiplication des roues a permis aux constructeurs de sortir d'un fâcheux dilemme, duquel ils se tiraient difficilement. Les nécessités de l'application industrielle leur imposaient, en effet, des vitesses relativement faibles, qu'on ne pouvait obtenir qu'en employant des engrenages de réduction ou en augmentant le diamètre des roues; or, les engrenages sont d'une construction délicate et coûteuse; d'autre part, des considérations de résistance des matériaux ne permettent pas de dépasser certains diamètres à certaines vitesses. De plus, la roue unique n'a permis de développer qu'une puissance effective maximum de 500 chevaux, alors qu'il y avait des demandes pour 5.000 et 10.000 chevaux. Les roues multiples ont fourni le moyen de résoudre toutes ces difficultés, et les turbines à vapeur ont réalisé ainsi le minimum d'encombrement, la régularité de marche, la sécurité de fonctionnement, l'économie de consommation et d'entretien qui en font les moteurs par excellence de l'industrie électrique, et les prédestinent merveilleusement à la commande des puissantes stations centrales qui s'édifient de toutes parts.

II

La théorie générique des turbines à vapeur et à gaz s'établit comme celle des turbines hydrauliques, en tenant compte toutefois des propriétés spéciales des fluides mis en service. Nous prendrons pour premier objet de notre étude une turbine à action, à roue unique, du type de la turbine de Laval.

Le fluide passe d'un réservoir supérieur, à pression et température élevée, à un autre, où la pression est maintenue à une valeur plus faible par refroidissement ou condensation, en traversant un distributeur dans lequel il se détend adiabatiquement, nous l'admettrons, et il pousse ensuite les palettes de la roue, en vertu de la vitesse acquise. Nous supposerons d'abord qu'à l'extrémité de la tuyère le fluide soit complètement détendu à la pression d'aval, sans avoir perdu de vitesse par frottement; nous ne tiendrons pas compte non plus des chocs et des remous subis à l'entrée dans la roue et dans les aubages.

Soient p_1, v_1 et w_1 les pression, volume spécifique et vitesse absolue à l'entrée de la tuyère distributrice, s_1 sa section en ce point et dl_1 l'espace parcouru à ce niveau par une molécule dans le temps dt; soient p_2, v_2 et w_2, s_2 et dl_2 les mêmes éléments, à la sortie de la tuyère, là où elle débouche sur la roue : appelons enfin P_s le poids débité par seconde.

L'énergie cinétique croît dans un temps déterminé, l'énergie potentielle décroît au contraire; la somme algébrique de leurs variations dans ce temps dt est égale au travail $\mathfrak{T}$ développé dans le même temps.

L'énergie cinétique augmente de :

$$\frac{1}{2}\frac{P_s}{g}dt(w^2_2 - w^2_1);$$

l'énergie potentielle diminue de :

$$\int_{v_1}^{v_2} P_s dt dv p = P_s dt \int_{v_1}^{v_2} p dv;$$

le travail développé est égal à :

$$P_s dt(p_1 s_1 dl_1 - p_2 s_2 dl_2) = P_s dt(p_1 v_1 - p_2 v_2).$$

Il vient donc, en faisant disparaître $P_s dt$:

$$\frac{w^2_2 - w^2_1}{2g} - \int_{v_1}^{v_2} p dv = p_1 v_1 - p_2 v_2.$$

ou :

$$\frac{w^2_2 - w^2_1}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p dv.$$

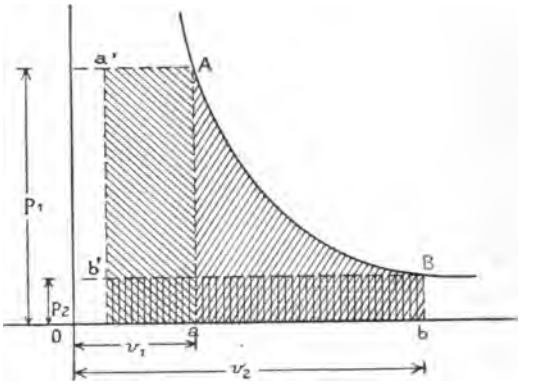


Fig. 3.

Or, soit AB la courbe de détente du fluide (fig. 3); l'aire AB*ba* représente

$$\int_{v_1}^{v_2} p dv;$$

ajoutons l'aire O*a*'AB $= p_1 v_1$, et retranchons O*b*'B*b*, qui équivaut à $p_2 v_2$; il reste l'aire *a*'AB*b*', c'est-à-dire :

$$\int_{p_2}^{p_1} v dp = - \int_{p_1}^{p_2} v dp.$$

C'est le travail développé dans l'unité de temps par la détente de l'unité de poids entre les pressions p_1 et p_2; désignons-le par $\mathfrak{T}_1^2$. Remarquant que w_1 peut être considéré comme égal à zéro, nous avons finalement :

$$\frac{w^2_2}{2g} = \mathfrak{T}^2_1.$$

Cette relation est générale et elle convient à tous les fluides élastiques; mais il faut lui adjoindre la formule qui donne la loi de la détente adiabatique du fluide. Pour les gaz parfaits, on a : $p_1 v_1^\gamma = p_2 v_2^\gamma$, γ étant le rapport des deux chaleurs spécifiques égal à 1,41; cette valeur tombe à 1,29 pour l'anhydride carbonique, et elle est moindre encore pour les gaz brûlés à haute température que l'on pour-

Digitized by Google

rait utiliser dans les turbines à gaz. Quant à la vapeur d'eau saturée, elle présente pour son exposant μ une valeur variable avec le titre; la quantité de vapeur étant x, on a $\mu = 1{,}035 + 0{,}1\,x$; en vapeur saturée sèche, on a donc $\mu = 1{,}135$. En vapeur surchauffée, l'exposant doit se rapprocher de 1,34.

Quelle que soit la valeur que possède l'exposant γ ou μ, on est toujours conduit à la formule générale :

$$\frac{w_2^2}{2g} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right].$$

On a souvent intérêt à mettre en évidence les chaleurs du fluide et l'on fait alors usage des nouvelles équations :

$$\frac{w_2^2}{2g} = J(\lambda_1 - \lambda_2) = JC_p(T_1 - T_2),$$

dans lesquelles λ_1 et λ_2 sont les chaleurs totales au commencement de la détente et à la fin, C_p la capacité calorifique à pression constante, T_1 et T_2 les températures initiale et finale, et J l'équivalent mécanique de la chaleur.

Ces diverses formules nous font connaître les vitesses d'écoulement et l'énergie cinétique correspondante.

Les vitesses sont considérables; pour une pression d'amont de 6 kilogs, la vapeur s'écoule dans l'air avec une vitesse de 775 mètres par seconde, et dans le vide à 0 kil. 1 avec une vitesse de 1.120 mètres. Les vitesses calculées sont plus grandes dans les gaz que dans la vapeur surchauffée, plus grandes encore dans celle-ci que dans la vapeur saturée sèche, et enfin plus grandes dans la vapeur sèche que dans la vapeur humide.

Le travail $\mathfrak{T}_1^2$, développé dans l'unité de temps, est représenté sur le diagramme de la figure 3 par l'aire $a'ABb'$; c'est le plus grand travail que l'on puisse obtenir en faisant détendre le fluide derrière un piston, mobile dans un cylindre, dans les conditions les plus favorables. La série d'opérations $b'a'AB$ ne diffère en rien du cycle de Rankine, pris comme type de la machine à vapeur parfaite; un échauffement du liquide à volume constant $b'a'$ précède la vaporisation à pression constante $a'A$, et la détente adiabatique AB. Le même contour reproduit aussi le type des moteurs à combustion; avant d'être brûlé, le mélange combustible serait amené sous volume constant à la pression p_1; la ligne $a'A$ correspond à la combustion sous pression constante, laquelle est suivie d'une détente adiabatique.

Une même théorie générique convient donc aux turbines à vapeur et à gaz et nous sommes conduits à ce résultat remarquable : c'est que les deux appareils se valent et ne le cèdent en rien à la meilleure machine à piston. Cette constatation présente un grand intérêt, bien qu'elle ne soit que théorique.

La détermination des sections transversales s de la tuyère se déduit de la connaissance des valeurs p, v et w; on a, en effet, en un point quelconque $P_s v = sw$, P_s étant le poids de fluide débité par seconde; le principe de continuité permet d'écrire :

$$P_s = \frac{sw}{v} = \frac{s_2 w_2}{v_2}.$$

On calcule donc s_2 en fonction de P_s, v_2 et w_2.

La tuyère, qui doit être moulée sur la forme de la veine et produire une détente complète de p_1 à p_2, présente vers son entrée (fig. 4) une section contractée s_m, que l'on calcule en tenant compte d'un théorème de Hugoniot, d'après lequel le minimum de s_m correspond à une pression p_m donnée par la relation :

$$\frac{p_m}{p_1} = \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}};$$

il vient alors :

$$w_m = \sqrt{2g \frac{\gamma}{\gamma - 1} p_1 v_1}.$$

Passant aux nombres, on trouve que, pour les gaz parfaits, $p_m = 0{,}529\,p_1$ et pour la vapeur $p_m = 0{,}580\,p_1$. Il en résulte que la pression p_2 doit être inférieure à cette valeur limite.

Connaissant w_m, on calcule s_m par les formules de continuité :

$$P_s = \frac{s_2 w_2}{v_2} = \frac{s_m w_m}{v_m}.$$

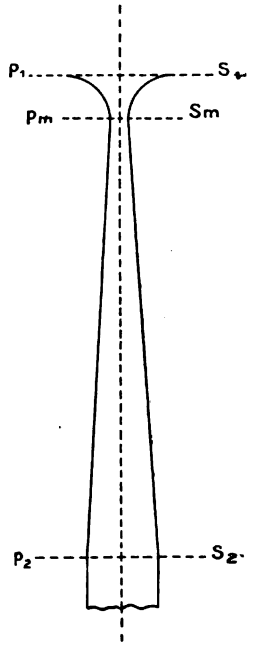


Fig. 4.

La figure 4 donne la forme de la tuyère convergente et divergente correspondante au cas $p_2 < 0{,}580\,p_1$, pour la vapeur. Pour éviter le décollement de la veine et assurer son complet épanouissement suivant la paroi, on donne généralement 10° au cône d'ouverture; la longueur de la tuyère se déduit dès lors de s_2 et s_m.

Nous nous contenterons de ces indications générales, qui suffisent pour démontrer que la théorie générique conduit à un tracé rationnel de la coupe longitudinale de la tuyère répondant à l'objet poursuivi. Faisons remarquer incidemment que les tuyères pour gaz ont même profil que pour la vapeur, mais qu'elles sont plus courtes.

La détermination de la forme des aubages se fait théoriquement, par application des mêmes principes, à l'aide des considérations qui suivent :

Soit AB (fig. 5) l'axe de la tuyère faisant un angle α avec la face de la roue; désignons par β l'angle formé avec la même face à l'entrée des aubes réceptrices; cet angle est le même à l'entrée et à la

Digitized by Google

sortie, par suite de la symétrie des palettes par rapport au plan moyen de la roue. Le fluide sort de la tuyère et entre dans l'aubage avec une vitesse absolue w_2; u est la vitesse circonférentielle de la roue.

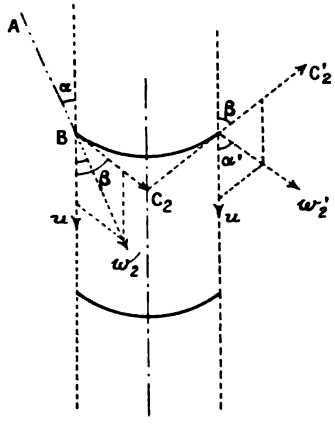


Fig. 5.

La vitesse absolue du fluide w_2 se décompose en vitesse circonférentielle u et vitesse relative c_2 du fluide à l'entrée de l'aubage : nous supposons nul ou négligeable le frottement du fluide contre les palettes. La construction du triangle des vitesses donne c_2, et l'on voit aisément que : $w_2 \sin \alpha = c_2 \sin \beta$, et : $w_2 \cos \alpha = u + c_2 \sin \beta$.

La vitesse relative c_2 se retrouve intégralement à la sortie, par suite de l'absence de frottements, et elle fait le même angle β avec la face de sortie, ainsi que nous l'avons dit. En la composant avec u, nous obtenons la vitesse absolue du fluide w'_2 à la sortie, et nous voyons encore que :

$$w'_2 \sin \alpha' = c^2 \sin \beta,$$
$$w'_2 \cos \alpha' = u - c^2 \sin \beta.$$

De ces équations, il ressort d'abord que :

$$\frac{w'_2}{w_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'}.$$

Or, pour réduire le plus possible le déchet de l'échappement, la valeur de w'_2 doit être minimum; pour mieux utiliser l'énergie disponible, il faut, par suite, que α' soit égal à 90°; la vitesse relative de sortie du fluide hors des aubages sera donc normale à l'axe de la roue.

Mais nous avons aussi : $w_2 \cos \alpha + w'_2 \cos \alpha' = 2u$. Pour une valeur de α' égale à 90°, nous voyons donc que :

$$w_2 \cos \alpha = 2u \qquad \text{et} \qquad u = \frac{w_2 \cos \alpha}{2};$$

nous possédons maintenant les éléments nécessaires pour déterminer le rendement de l'appareil.

Le travail disponible est égal à $\mathfrak{T}^2_1 = w^2_2/2g$.

L'énergie perdue à l'échappement devient : $w'^2_2/2g$.

Le travail net par seconde est, par conséquent, égal à : $(w_2^2 - w'^2_2)/2g$.

Le rendement générique prend donc la valeur :

$$\rho = \frac{w^2_2 - w'^2_2}{w^2_2} = 1 - \frac{w'^2_2}{w^2_2}.$$

Pour $\alpha' = 90°$, on a : $\rho = 1 - \sin^2 \alpha$.

Le rendement maximum aurait donc pour condition que α soit égal à zéro : alors $u = w_2/2$ ce qui montre que la vitesse périphérique de la roue devrait être la moitié de la vitesse absolue du fluide à sa sortie de la tuyère.

L'égalité des valeurs de c_2, la vitesse relative de la vapeur à l'entrée et à la sortie des aubages, a pour résultat de compenser les poussées axiales de la roue, qui ne subit donc aucune sollicitation dans le sens de son axe de rotation; la pression est d'ailleurs la même sur les deux faces.

La puissance développée en chevaux est théoriquement égale à :

$$P_e \frac{w^2_2 - w'^2_2}{2g} \frac{1}{75},$$

et la consommation du fluide par heure est de 3.600 P_e; par cheval-heure effectif, on a donc :

$$\frac{540.000\, g}{w^2_2 - w'^2_2}.$$

La théorie générique permet ainsi une étude complète des meilleures conditions à réaliser pour obtenir un bon rendement, et elle conduit à une appréciation des consommations de vapeur ou de gaz.

III

Des considérations analogues et des calculs du même genre sont applicables aux turbines à réaction : nous supposerons d'abord, comme précédemment, qu'elles sont à roue unique.

Le travail de détente se produit en partie dans les canaux de distribution, $\mathfrak{T}_1$, et en partie dans les aubages de la roue, $\mathfrak{T}_2$; le travail total $\mathfrak{T}_1^2 = \mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_2$.

Nous appellerons p_1, v_1, w_1 et s_1 les données relatives à l'entrée des canaux; p, v, w, s, ces mêmes grandeurs au niveau du jeu qui existe entre le stator et le rotor; p_2, v_2, w_2, s_2 ces grandeurs au sortir des aubages mobiles.

La valeur de w se calcule par les lois de l'écoulement du fluide à travers une tuyère déterminée; le travail $\mathfrak{T}_1$, disponible à la suite de cette première détente dans le stator, est égal à :

$$\frac{w^2 - w^2_1}{2g} = \frac{w^2}{2g},$$

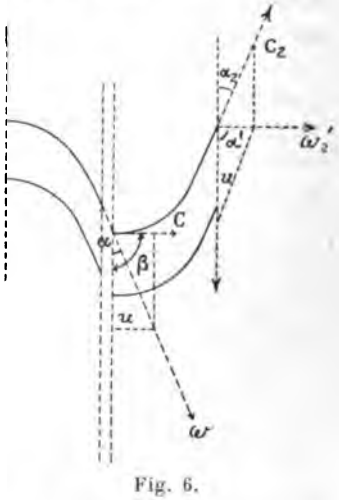


Fig. 6.

en prenant $w_1 = 0$;

ce travail est fonction de p_1, v_1 et p. Les sections des canaux se calculent comme précédemment. La vitesse absolue du fluide, dirigé par le canal distri-

Digitized by Google

buteur vers l'aubage sous un angle α, se décompose à son entrée et donne une vitesse circonférentielle u et une vitesse relative c, faisant un angle β avec la face de la roue (fig. 6). Le triangle des vitesses donne la valeur de u et de c; nous négligeons comme précédemment les frottements du fluide et ses chocs.

En prenant pour degré de réaction la valeur habituelle de 1/2, le travail $\mathfrak{E}_2$, égal à la moitié de $\mathfrak{E}_1^2$, est égal à $\mathfrak{E}_1$; mais ce travail $\mathfrak{E}_2$ est fonction de la différence des carrés des vitesses relatives du fluide dans les aubages mobiles; à l'entrée et à la sortie, c_2 est donc fourni par l'équation : $\mathfrak{E}_2 = (\underline{c}^2 - \underline{c}_2^2)/2g$. La direction est celle de la tangente à la palette; le triangle des vitesses fait donc connaître la valeur de w_2, la vitesse absolue du fluide au sortir de la roue, autrement dit la vitesse à l'échappement.

Le travail total est, par suite, égal à :

$$\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2 - \frac{w_2^2}{2g} = \frac{w^2 + c^2 - c_2^2 - w_2^2}{2g}.$$

La puissance en chevaux et la consommation se calculent, comme pour les turbines à action, d'après ces formules.

Le rendement ρ est égal à $\mathfrak{E}_1^2/(\mathfrak{E}_1 + \mathfrak{E}_2)$.

La condition de continuité donne une relation entre les sections :

$$P_2 = \frac{sw}{v} = \frac{sc}{v} = \frac{s_2 c_2}{v_2},$$

dont on fait usage pour déterminer le profil des canaux, de la façon que nous avons déjà indiquée.

La considération des valeurs de c et de c_2, projetées sur l'axe, montre qu'il s'exerce une poussée le long de cet axe dans le sens du passage du fluide; mais il suffit de constater, pour se rendre compte de cet effet, qu'il y a une différence de pression entre l'amont et l'aval d'une roue. On annule cette poussée par un piston d'équilibre ou par tout autre moyen.

Les turbines de cette classe ont une vitesse périphérique plus grande, à égalité de puissance et de rendement, que les turbines à action : voici comment on peut le démontrer.

Nous venons de voir que l'on a :

$$\frac{w^2}{2g} = \mathfrak{E}_1 = \frac{\mathfrak{E}_1^2}{2}, \quad \text{d'où :} \quad w = \sqrt{2g\frac{\mathfrak{E}_1^2}{2}} = \frac{\sqrt{2g\mathfrak{E}_1^2}}{\sqrt{2}}.$$

De plus, pour $\beta = 90°$, $u = w \cos \alpha$.

La vitesse w de ces formules est la vitesse absolue que possède le fluide en traversant le jeu, c'est-à-dire en entrant dans la roue. Or, la turbine à action, dont nous mettrons les valeurs entre crochets pour éviter toute confusion, nous avait donné, pour la même vitesse du fluide à la sortie de la tuyère d'injection et pour la vitesse circonférentielle de la roue :

$$(w) = \sqrt{2g\mathfrak{E}_1^2}; \quad \text{et} \quad (u) = \frac{(w)\cos\alpha}{2}.$$

Il vient donc, par comparaison :

$$\frac{w}{(w)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad \frac{u}{(u)} = 2\frac{w}{(w)} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2},$$

d'où :

$$u = \sqrt{2}(u) = 1{,}414\,(u).$$

Il est donc démontré que la turbine à réaction à roue unique doit tourner avec une vitesse 1,414 fois plus grande que la turbine à action, toutes choses égales d'ailleurs : cette condition de fonctionnement causerait de sérieuses difficultés pratiques pour la turbine à réaction, si l'on n'avait la ressource de réduire la vitesse en multipliant les roues; cette multiplication est donc plus nécessaire pour les turbines à réaction.

IV

Etudions maintenant cette question des turbines à roues multiples, dont l'intérêt est majeur, attendu qu'à l'exception de la turbine de Laval, qui est à circulation unique, toutes les autres sont à circulation par gradins et généralement à roues multiples.

Prenons pour objet de notre examen les turbines à action, à chute de vitesse, dans lesquelles le fluide moteur sort à une vitesse initiale w_2 des canaux, après avoir actualisé toute son énergie sous la pression de la décharge; ce fluide agit sur une première roue, en perdant une fraction de sa vitesse; il traverse ensuite des canaux directeurs dans lesquels ni la vitesse, ni la pression ne varient (théoriquement du moins) et qui n'ont d'autre effet que de faire dévier la direction du flux pour qu'il pénètre sans choc dans une deuxième roue, à la sortie de laquelle il rencontre une nouvelle roue et de nouveaux canaux directeurs, et ainsi de suite. Supposons tous les aubages demi-circulaires (fig. 7); dans ce cas, l'angle α est égal à zéro, alors que $\alpha' = 180°$, de telle sorte que l'équation $w_2 \cos\alpha + w_2' \cos\alpha' = 2u$, nous donne $w_2 - w_2' = 2u$: la vitesse absolue du fluide se trouve donc réduite de $2u$ au passage d'une roue. Pour n roues, la vitesse périphérique u est égale à la fraction $1/2n$ de la chute totale de vitesse de l'admission à la décharge; la vitesse périphérique est, par suite, inversement proportionnelle au nombre des roues, de telle sorte que théoriquement la multiplication des roues permet de réaliser des turbines à rotation aussi lente qu'on le veut. Les valeurs successives de la vitesse absolue du fluide w_2, w_2', w_2'', etc, à l'entrée des

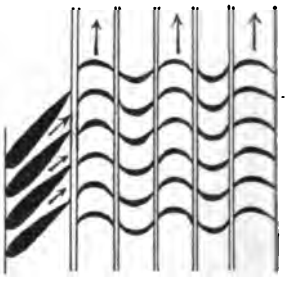


Fig. 7.

Digitized by Google

roues, forment donc une progression arithmétique décroissante dont la raison est $2u$; les quantités d'énergie absorbées par chacune d'elles décroissent ainsi suivant une loi facile à établir, leurs valeurs respectives étant :

$$\frac{w^2_2 - w'^2_2}{2g}, \qquad \frac{w'^2_2 - w''^2_2}{2g}, \text{ etc.}$$

Dans les turbines à cascade de pression, les choses se passent différemment; le fluide admis à la pression d'amont p_1 est distribué par une série de tuyères qui le détendent d'abord jusqu'à une pression p, régnant dans la première chambre qui renferme une première roue; une deuxième chute se produit de p à p', dans une deuxième chambre et sur sa roue et ainsi de suite. Ces pressions intermédiaires partagent généralement l'énergie en n parties égales, et chaque roue développe le même travail. Pour obtenir ce résultat, les chutes de pres-

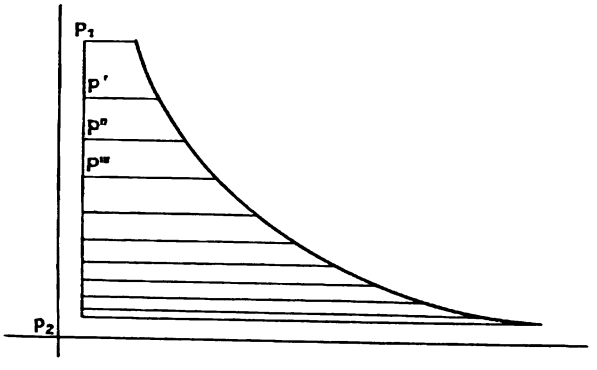


Fig. 8.

sion ne peuvent pas être les mêmes d'une chambre à l'autre, et il est facile de s'en convaincre en divisant le diagramme de détente (fig. 8) en n parties d'égale superficie; les pressions tombent plus vite au voisinage de la pression d'admission que vers la base du diagramme. La vitesse théorique du fluide w_2 à la sortie de la tuyère, dans une turbine à une roue, est égale à $w_2 = \sqrt{2g\mathfrak{E}^2_1}$; pour n roues, ou aura $\mathfrak{E}_n = 1/n.\ \mathfrak{E}^2_1$, et la vitesse n'aura donc plus qu'une valeur :

$$w'_2 = \sqrt{2g\mathfrak{E}_n} = \frac{\sqrt{2g\mathfrak{E}^2_1}}{\sqrt{n}} = \frac{w_2}{\sqrt{n}}.$$

Il en résulte que la vitesse d'injection décroît avec la racine carrée du nombre d'échelons; si l'on veut obtenir avec chaque roue le même rendement qu'avec la roue unique, on réduira dans la même proportion la vitesse périphérique, ce qui donnera : $u' = u/\sqrt{n}$.

Dans les turbines mixtes à chute de pression, dans lesquelles plusieurs roues sont renfermées dans une même cellule et plusieurs cellules pareilles disposées en série à la suite l'une de l'autre, les résultats deviennent plus complexes, mais ils obéissent aux mêmes lois et l'on se rend compte de ce qu'ils peuvent être par ce qui précède.

Au point de vue de la multiplication des roues, le système à réaction présente une certaine infériorité sur le système à action, que nous devons faire ressortir : à vitesse périphérique égale, la turbine à action exige moitié moins d'éléments que la roue à réaction. En effet, dans un appareil d'action, à cascades de pression, le travail $\mathfrak{E}_n$ d'une roue est la $n^{\text{ième}}$ partie du travail total développé : $\mathfrak{E}_n = \mathfrak{E}^2_1/n$. Mais nous savons que :

$$\mathfrak{E}_n = \frac{w^2_2 - w'^2_2}{2g} :$$

or, $w_2 - w_2' = 2u$. Si nous négligeons la valeur de w_2', vitesse absolue de la vapeur au sortir de la roue, nous aurons approximativement :

$$\mathfrak{E}_n = \frac{4u^2}{2g} = \frac{2u^2}{g}, \quad \text{d'où} \quad n = \frac{g\mathfrak{E}^2_1}{2u^2}.$$

La vitesse périphérique de la turbine à réaction étant $\sqrt{2}$ fois plus grande, il vient pour ce genre :

$$n' = \frac{g\mathfrak{E}^2_1(\sqrt{2})^2}{2u'^2} = \frac{g\mathfrak{E}^2_1}{u'^2},$$

ce qu'il fallait démontrer.

Avec les turbines à roues multiples, il est possible d'obtenir le même rendement qu'avec une roue unique, mais il n'y a aucune raison pour qu'il soit meilleur, attendu que le rendement total est la somme des rendements partiels de chaque étage. En quittant une roue d'une turbine à chute de pression, le fluide est animé d'une certaine vitesse absolue, que nous supposerons assez faible pour qu'elle soit négligeable, ou bien dont nous ne tiendrons pas compte, en considérant que la somme de toutes ces pertes partielles n'est pas supérieure à la perte subie en une fois à la décharge d'une roue unique. Pour les turbines à chutes de vitesse, nous admettons théoriquement que la pression reste la même de la première roue à la dernière, puisque nous ne faisons pas état des frottements, des chocs et des remous dans les canaux directeurs et les aubages : il n'y a donc de vitesse perdue qu'après la dernière roue. En somme, dans la théorie générique relative à une machine parfaite, la seule perte d'énergie dont il soit tenu compte est l'énergie cinétique non utilisée à l'échappement. C'est ce qu'il faut retenir de l'exposé qui précède.

Les calculs des sections et des formes des aubages fixes et mobiles sont copiés sur ceux que nous avons indiqués précédemment; ils sont plus longs et plus compliqués, mais ne sont pas plus difficiles. Ils doivent être menés avec habileté, pour ne pas souffrir de leur multiplicité, et avec soin, parce qu'ils ont une importance considérable sur le rendement.

Digitized by Google

Il faut réaliser pour chaque échelon la vitesse circonférentielle et les conditions auxquelles correspond le maximum d'effet.

Dans les turbines à chute de pression et dans les turbines mixtes, comme la Parsons, il convient d'observer qu'il y a détente du premier au dernier échelon et variation du volume spécifique v. Par suite, les sections d'écoulement augmentent à partir de l'amont. Cette considération établit une différence théorique entre les turbines à action et à réaction : dans les premières, l'injection pouvant n'être que partielle, on a la ressource de faire varier la section d'écoulement en modifiant le secteur sur lequel se fait cette injection ; au contraire, dans les secondes, l'injection doit être complète, et l'on est conduit à donner aux premières couronnes des diamètres plus petits. Voici ce qui résulte de cet état de choses : pour les turbines de faible puissance, les premiers diamètres deviennent trop petits, à moins qu'on ne réduise les vitesses en multipliant les cascades : la réalisation des turbines à réaction est donc, théoriquement, plus difficile pour les faibles puissances. La pratique confirme la théorie ; on ne construit guère de turbines Parsons d'une puissance inférieure à 150 chevaux, tandis qu'on fait des de Laval de 20 et des Electra de 2 chevaux.

V

Les enseignements que donne la théorie générique sont nombreux et importants : il nous paraît utile d'en présenter un résumé méthodique.

Et d'abord, une même théorie s'applique à toutes les turbines, quel que soit le fluide mis en œuvre. Leur rendement est théoriquement le même que celui de la meilleure machine à piston ; à cet égard, les turbines à action valent les turbines à réaction, et les mono-roues ne le cèdent en rien aux roues multiples, à chute de pression ou de vitesse : à ce point de vue, les turbines à action n'ont pas les mêmes propriétés que les turbines à réaction. A nombre d'éléments égal, la vitesse périphérique des premières est 1,41 fois plus faible que celle des secondes, et réciproquement la vitesse du fluide peut être plus grande ; à vitesse périphérique égale, les premières exigent moitié moins d'éléments. La turbine à réaction ne doit pas être mono-roue ; elle ne convient pas aux faibles puissances ; par contre, la turbine à action mono-roue a une puissance limitée. La turbine à réaction présente la possibilité de fuites aux joints, et elle donne lieu à une poussée axiale qu'il faut compenser ; elle ne tolère pas une injection partielle et sa régulation, qui se fait par laminage ou par intermittence d'admission, est théoriquement moins simple.

La théorie générique nous a démontré que la dépense théorique de vapeur par unité de travail est la même dans une machine à piston ou bien dans une turbine, si on les suppose l'une et l'autre parfaites, c'est-à-dire sans perte d'aucune sorte : or, la Thermodynamique permet de calculer cette dépense, pour un fonctionnement entre des pressions P_1 et P_2, ou des températures T_1 et T_2, quand on admet une détente adiabatique complète entre les pressions d'amont et d'aval. Nous obtenons ainsi la consommation théorique d'une turbine parfaite dans des conditions déterminées. Voici quelques chiffres qu'il est intéressant de noter, attendu qu'ils correspondent à des cas pratiques[1] :

TABLEAU I. — ***Consommation en kilogs de vapeur sèche par cheval-heure.***

p_1, PRESSION D'AMONT	p_2, PRESSION D'AVAL			
	1k1	0k2	0k1	0k005
5 kilogs	10k31	5k35	»	»
6 —	9,30	5,06	»	»
7 —	8,52	4,85	»	»
8 —	7,95	4,66	»	»
10 —	7,15	4,38	»	»
12 —	6,60	4,21	3k78	»
15 —	6,00	3,97	3,59	»
30 —	4,70	3,41	3,11	2k90

Nous rapprocherons plus loin ces chiffres théoriques de ceux que nous fournira la théorie expérimentale, dans laquelle il sera tenu compte des pertes diverses de chaleur et d'effet qui se produisent dans le fluide et dans les organes du moteur.

La théorie générique néglige toutes ces pertes : elle n'en envisage qu'une seule, celle qui est due à la vitesse absolue possédée par la vapeur au sortir de la dernière roue ; c'est la perte à l'échappement. Le triangle des vitesses montre que ce déchet est très variable avec les conditions d'établissement de la turbine, et qu'il ne peut guère être inférieur à 3 %, mais que sa valeur peut quelquefois devenir beaucoup plus considérable.

Dans un deuxième article, nous aborderons la théorie expérimentale des turbines à vapeur et à gaz.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

[1] Le nombre de kilogrammètres N que peut développer, par sa détente complète de T_1 à T_2, un kilog de vapeur est donné par la formule :

$$N = J\left[r\frac{T_1 - T_2}{T_1} + \int_{T_2}^{T_1}\left(c\,dT - cT_2\frac{dT}{T}\right)\right];$$

la consommation par cheval est donc égale à $\frac{270.000}{N}$; M. Rateau la calcule par la formule empirique

$$0{,}85 + \frac{6{,}95 - 0{,}92 \log p_1}{\log p_1 - \log p_2},$$

qui lui a permis de dresser une abaque intéressante.

Digitized by Google

LES CROISEMENTS ET L'HÉRÉDITÉ DES CARACTÈRES

(LA LOI DE MENDEL)

Il peut être très utile de connaître les lois suivant lesquelles les caractères des ascendants se transmettent aux descendants. L'étude n'en aurait pas été entreprise s'il ne s'était agi que de satisfaire un besoin de curiosité scientifique, et si la Biologie générale avait été seule en jeu. Mais on n'a pas reculé devant des recherches longues et minutieuses dans ce sens quand on a vu de quel intérêt elles pouvaient être pour l'agriculture et l'élevage. Aux notions théoriques sur l'hérédité se rattachent, en effet, les questions pratiques de sélection, de croisement ou d'hybridation.

Quelles sont, à ce sujet, les opinions en cours chez les cultivateurs et les éleveurs? En d'autres termes, quelles qualités particulières attribuent-ils à un animal (nous parlerons plus tard des végétaux) issu d'un croisement?

On s'accorde généralement à reconnaître que ce produit est plus « rustique » que les parents de sang pur, en entendant par ce terme le contraire de délicat. Un être est « rustique » lorsqu'il est peu sensible à des conditions défavorables de température, à des distributions de nourriture mal réglées, etc.

On admet donc que le croisement aurait produit une sorte de rajeunissement du sang.

En ce qui concerne la production de la viande, on constate généralement chez les « croisés » une tendance à mieux assimiler les aliments et à arriver plus jeunes à l'état de bêtes de boucherie. C'est ce qu'on exprime, en jargon technique, en disant que la « précocité » est augmentée.

De plus, — mais ce fait est moins général, — les plus gros poids sont fréquemment atteints, dans les concours d'animaux gras, par les « croisés », qui battent les « purs ». On l'a souvent constaté en ce qui concerne les porcins et la volaille; moins souvent, en ce qui concerne les bovins.

Dans le même ordre d'idées, on entend dire que, pour un usage déterminé, chien croisé vaut mieux que chien pur. De même pour les chevaux.

Mais il y a des précautions que tout le monde est d'avis de prendre dans la confection d'un croisement, car on dit communément qu'il y a des races ou des individus qui « marquent » dans les croisements, en ce sens que ces races ou ces individus semblent transmettre leurs caractères aux produits qui en proviennent, tandis que d'autres ne « marquent » pas, c'est-à-dire ne laissent aucune trace sur leurs descendants. Il faut en tenir compte.

De même, du sens du croisement : on prétend que, si deux races sont en présence, les résultats sont différents suivant que le mâle appartient à l'une ou à l'autre. Aussi a-t-on soin d'indiquer celle dans laquelle on doit prendre le mâle pour atteindre le but cherché.

L'expérience déconseille d'employer les croisés comme reproducteurs. Elle prétend qu'un mouton Southdown-Berrichon dont les parents étaient déjà Southdown-Berrichon, mais dont les grands-parents étaient purs, sera d'une qualité inférieure à celle de ses parents.

En somme, on s'accorde à penser que certains individus et certaines races conviennent mieux que d'autres pour les croisements, et que les croisés sont généralement de beaux sujets, mais de médiocres reproducteurs.

Ainsi, nous nous trouvons en présence d'un ensemble d'opinions couramment admises, dont l'intérêt pratique est très grand, mais qui n'ont rien de théorique. Aucune certitude scientifique : des indications, des possibilités, des chances. Et c'est tout.

I

Passons maintenant à l'examen des recherches scientifiques entreprises à ce sujet : voyons ce qu'elles ont donné, et déterminons les points sur lesquels elles sont en accord ou en contradiction avec l'opinion courante. Déterminons aussi ce qu'elles apportent de nouveau.

Mais, auparavant, une remarque :

Jusqu'ici, il n'a été question que d'animaux, l'éleveur et le cultivateur croisant constamment des animaux et n'ayant jamais l'occasion de croiser des végétaux. D'ailleurs, ils savent distinguer chez ceux-là un bien plus grand nombre de caractères que chez ceux-ci. Enfin, ils connaissent mieux leurs animaux.

Maintenant, au contraire, il va être question de végétaux, — du moins, pour commencer, — et cela, précisément, pour des raisons opposées : parce que l'expérimentateur croise des végétaux plus facilement et à moins de frais ; parce qu'il connaît mieux les végétaux ; parce qu'il peut travailler sur un grand nombre d'individus, et c'est là une condition indispensable.

Je prends pour guide M. R. H. Biffen. Dans le volume 65 (année 1904) du *Journal of the Royal agricultural Society of England*, il a publié sur

Digitized by Google

les expériences de Mendel un article très étudié et très intéressant, mais malheureusement trop long pour être intégralement traduit. En outre, la même Société a fait paraître sur le même sujet, en 1906, un nouvel article excellent qui rend compte d'expériences très bien conduites. De tout cela je vais m'efforcer de ne retenir que l'indispensable.

Je laisse de côté tout ce qui ne se rattache pas aux expériences de Mendel. Avant 1865, en effet, date de la publication de ces expériences, rien qui mérite qu'on s'y arrête. Depuis, rien d'autre à mentionner que la « redécouverte » et la confirmation des lois auxquelles Mendel avait été conduit.

Il est le premier qui se soit attaché à tirer plusieurs générations de végétaux hybrides, et à noter exactement comment les individus formés se répartissent entre divers types.

Après deux ans d'essais, il choisit pour sujet de ses études le pois comestible et des espèces très voisines.

Il s'y est déterminé pour les raisons suivantes :

1° Les différentes variétés se distinguent par des caractères bien déterminés;

2° La conformation des fleurs tend à éliminer les chances de pollinisation croisée accidentelle;

3° Les générations issues des hybrides[1] restent fécondes.

Ainsi, Mendel s'efforçait de ne rien laisser au hasard, et de bien poser le problème.

Il commença par des cas simples dans lesquels les variétés croisées ne différaient que par un point. Il prit des pois qui se distinguaient uniquement par la forme du grain (ridé chez les uns, lisse chez les autres) ou par la couleur des gousses (les unes jaunes, les autres vertes). Et il trouva que leurs hybrides ressemblaient de si près à l'un des parents qu'on ne trouvait plus trace de l'un des caractères par lesquels les variétés se distinguaient. Par exemple, dans le premier cas, les grains des hybrides étaient ronds, sans trace de ride, que le croisement eût été fait dans le sens lisse-ridé ou dans le sens ridé-lisse[2]. Dans le second cas, les gousses étaient, de même, toutes vertes sans mélange de jaune.

Mendel qualifia de *fort* le caractère qui apparaît dans l'hybride, et de *faible* celui qu'on n'y aperçoit pas.

La génération suivante, obtenue en laissant les hybrides se féconder entre eux, consista en plantes présentant soit le caractère fort, soit le caractère faible, mais toujours sans formes intermédiaires. Il y en avait trois fois plus du type fort que du type faible : 428 gousses vertes contre 152 gousses jaunes; 5.474 grains lisses contre 1.859 grains ridés. (A remarquer qu'il se trouvait généralement dans une même gousse des grains de deux types.)

Ces plantes se fécondèrent elles-mêmes. Les grains furent recueillis et semés. Les résultats furent les suivants :

1° Les types faibles ne donnèrent que des types faibles. Ils étaient fixés ;

2° Certains types forts ne donnèrent que des types forts. Ils étaient fixés;

3° Les autres types forts donnèrent des types forts dans la proportion de 3 contre 1.

Donc, chez les types forts de la deuxième génération, une similitude extérieure masquait des dissemblances de constitution qui étaient mises en évidence lorsqu'on les utilisait comme reproducteurs.

Mendel put ainsi améliorer sa classification et former en trois groupes les individus de la génération issue des hybrides. Il en trouva :

25 °/₀ qui présentaient le type faible, et fixés;

25 °/₀ qui présentaient le type fort, et fixés;

50 °/₀ qui présentaient le type fort, mais qui, en réalité, étaient de même constitution que les hybrides.

Il répéta ces expériences avec d'autres plantes qui ne différaient que par un seul caractère. On en recommença dans les mêmes conditions, en divers endroits, et notamment à l'Université de Cambridge, où l'on poursuit ces études très activement. Partout et toujours, on arriva aux mêmes résultats.

Quelle en est l'interprétation?

Mendel suppose que, lorsqu'un individu présente un caractère fixé, il doit provenir de gamètes présentant ce caractère. Si, donc, on représente par F un gamète à caractère fort, et par *f* un gamète à caractère faible, le symbole FF sera en quelque sorte la formule de constitution de l'individu présentant le caractère fort fixé. De même, *ff* sera le symbole correspondant à l'individu présentant le caractère faible fixé.

Quant à la formule des hybrides ou des individus de même constitution, elle est indifféremment F*f* ou *f*F, puisque le sens du croisement n'a pas d'influence.

Ceci posé, Mendel fait l'hypothèse suivante :

Les gamètes sont purs au point de vue des caractères qu'ils portent.

En d'autres termes, un hybride F*f* pourra produire des gamètes F, des gamètes *f*, mais jamais des gamètes de caractères intermédiaires.

[1] J'emploie le terme hybride pour les animaux aussi bien que pour les végétaux, et dans un sens plus large que celui qu'on lui donne habituellement.

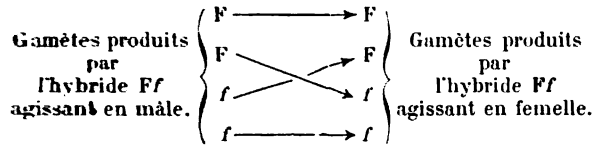
[2] Par convention, l'élément femelle est écrit le premier, et l'élément mâle, le second, dans la désignation d'un croisement. Ainsi, dans le croisement lisse-ridé, les gamètes — c'est-à-dire les éléments vivants dont la fusion donnera l'œuf, point de départ de l'être — se répartissent ainsi : le gamète femelle provient d'une plante à grains lisses; le gamète mâle, d'une plante à grains ridés.

Digitized by Google

Mendel ajoute que l'hybride produira un nombre à peu près égal de gamètes F et de gamètes *f*.

Voyons si, d'après cette hypothèse, nous pouvons retrouver les résultats donnés par l'expérience.

Prenons deux hybrides F*f*. L'un nous donnera des gamètes femelles; l'autre, des gamètes mâles. Voici, d'après Mendel, quel sera le sens probable du croisement :



Quelques instants de réflexion montrent, en effet, que, l'hypothèse de Mendel étant admise, il y a un nombre égal de chances pour qu'un gamète mâle se porte sur un gamète femelle de même caractère ou sur un gamète femelle de caractère opposé : le tableau schématique indiquant le sens probable du croisement n'exprime rien d'autre.

Donc, un quart des produits devra présenter un caractère fort ; un autre quart, le caractère faible ; la dernière moitié, enfin, aura un caractère mixte, du moins en réalité. Car, en apparence, elle présentera le caractère fort, le caractère faible étant masqué.

Ce sont bien là les résultats qu'on observe.

Examinons maintenant si, dans des cas plus complexes, les prévisions découlant de l'hypothèse de Mendel sont confirmées par l'expérience.

Croisons deux espèces différant non plus sur un seul point, mais sur deux. Gardons les notations F et *f* pour désigner les caractères forts et faibles d'un même couple. Adoptons H et *h* pour désigner les caractères forts et faibles de l'autre couple. Le croisement produira des types alliant un des symboles de la première colonne du tableau ci-après à un des symboles de la deuxième :

FF	HH
F*f*	H*h*
*f*F	*h*H
ff	*hh*

Toutes les alliances possibles présenteront la même probabilité.

Le tableau des résultats est facile à dresser. Il indique que, sur 16 individus issus des hybrides, nous devons avoir, en moyenne[1] :

Un FH; — un F*h*; — un *f*H; — un *fh*.
Deux FH*h*; — deux F*f*H; — deux F*fh*; — deux *f*H*h*.
Quatre F*f*H*h*.

Si nous tenons compte de la présence de caractères faibles et forts, les seize individus considérés devront se présenter ainsi :

9 avec l'apparence FH.	3 avec l'apparence *f*H.
3 — F*h*.	1 — *fh*.

[1] Je supprime les doubles lettres, c'est-à-dire que j'écris FH, au lieu de FFHH.

C'est bien ce que l'expérience montre, comme nous allons le voir, et l'hypothèse de Mendel me semble fortifiée par le fait même de la complication des résultats prévus et constatés.

Les recherches expérimentales ont été faites dans l'*Experimental Farm of the Agricultural Department of Cambridge University*. On a commencé par renouveler les expériences de Mendel sur le croisement d'espèces végétales ne différant que sur un seul point; mais on n'a pas employé les mêmes espèces que lui : on a opéré des hybridations entre des blés barbus et des blés sans barbe; entre des blés à paille rugueuse et des blés à paille douce; entre des blés à grains rouges et des blés à grains blancs. (Dans chaque couple, le premier caractère cité est le caractère fort.) Et voici ce qu'on a trouvé dans les divers cas pour la génération issue des hybrides :

118	individus	sans barbe contre 43 barbus;
273	—	sans barbe contre 91 barbus;
104	—	à paille rude contre 35 à paille douce;
373	—	à paille rude contre 140 à paille douce;
329	—	à grains rouges contre 115 à grains blancs.

Quoique ces rapports s'écartent dans une assez grande mesure du nombre 3 donné par la théorie, les expérimentateurs de Cambridge ont estimé que les résultats confirmaient la loi de Mendel. Quant à la fixité des types, elle s'est montrée parfaitement conforme à la théorie.

D'autres expériences ont été faites sur le croisement d'espèces différant par deux couples de caractères. Du blé à grains blancs et à paille rude avec du blé à grains rouges et à paille douce donna des hybrides à paille rude et à grains rouges. Or, ce sont là les caractères forts. Quant à la génération issue de ces hybrides, elle présente bien, sur 16 individus[1] :

9	individus	à paille rude et grains rouges.
3	—	à paille rude et grains blancs.
3	—	à paille douce et grains rouges.
1	individu	à paille douce et grains blancs.

Si ces résultats ne suffisent pas à établir en toute rigueur l'exactitude de la loi de Mendel, il n'en reste pas moins qu'il y a de grandes probabilités en sa faveur. En tout cas, les exemples donnés auront servi à en faire comprendre la signification. Ils permettent aussi d'en faire entrevoir la portée.

Dans son énoncé, il n'est pas question de caractères forts ni de caractères faibles. Il est des cas, en effet, où ni les uns ni les autres n'apparaissent, et auxquels la loi s'applique malgré cela. Mendel lui-même l'a vérifié, et les agronomes de Cambridge

[1] La probité m'oblige à dire que, dans l'article du *Journal of the Royal Agricultural Society of England* dont j'extrais ces données, les nombres trouvés dans l'expérience ne sont pas indiqués. On se borne à affirmer qu'ils sont bien dans le rapport que je mentionne.

Digitized by Google

ont fait, à ce sujet, une expérience probante en croisant deux variétés de blés différant par ce seul point : sur les épis de l'une, les grains étaient serrés; sur les épis de l'autre, ils étaient écartés. (Pour simplifier, j'appelle la première variété *compacte*, et l'autre *non compacte*, ce que je représenterai tout à l'heure par C et N).

Tous les hybrides, quel que fût le sens du croisement qui les avait produits, présentèrent un caractère intermédiaire, en ce qui est de la compacité de l'épi.

Les hybrides, en se fécondant à leur tour, donnèrent naissance à une génération renfermant trois types d'individus :

compacts; intermédiaires; non compacts.

Les expériences portèrent sur plusieurs milliers d'individus, et on trouva que les produits se présentaient dans la proportion suivante :

1 compact; 2 intermédiaires; 1 non compact.

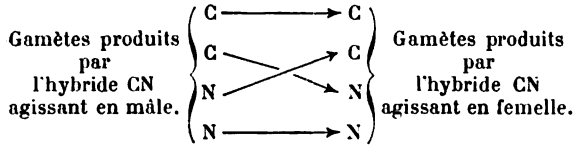
Les blés compacts de cette génération, se fécondant entre eux, reproduisirent leur type sans variation. On en revenait donc à la variété de l'un des parents. De même pour les blés non compacts.

Quant aux intermédiaires, qui avaient même apparence extérieure que les hybrides, ils se montrèrent également semblables à ceux-ci, car, en se fécondant entre eux, ils donnèrent une génération dans laquelle, sur quatre individus, ou comptait :

1 compact; 2 intermédiaires; 1 non compact,

et l'on put s'assurer que le type compact était fixé, que le type non compact l'était aussi, mais que les intermédiaires avaient toutes les qualités des hybrides.

Or, ces résultats sont conformes à la loi de Mendel, si l'on admet que les caractères sont égaux. Car le sens probable du croisement est donné par le tableau schématique que voici :



C'est bien le résultat obtenu dans la pratique.

Le tableau nous montre, d'ailleurs, pourquoi les types compact, d'une part, et non compact, de l'autre, sont fixés, et pourquoi les intermédiaires se retrouvent semblables aux hybrides : en somme, ce qui a amené à distinguer deux cas, ce sont des considérations d'apparence et non de constitution.

Une comparaison, qu'on prendra pour ce qu'elle vaut, rendrait peut-être compte de la constitution de l'hybride, ainsi que de la nature des caractères « fort » et « faible ».

Collons une feuille de papier rouge sur une feuille de papier bleu. Nous obtiendrons une feuille qui contiendra autant de rouge que de bleu; mais nous ne verrons la couleur que de la face tournée vers nous : c'est, en quelque sorte, ce qui se produit pour le caractère fort; il masque le caractère faible, auquel correspond la couleur cachée. Mais, par transparence, la feuille nous paraîtra violette, par le mélange du rouge et du bleu. Ce sera l'analogue du caractère intermédiaire, les deux couleurs entrant autant l'une que l'autre, je le répète, dans la constitution de la feuille.

Quoi qu'il en soit de cette comparaison, il apparaît que la loi de Mendel englobe bien tous les phénomènes que j'ai relatés et elle en rend bien compte. Je la rappelle ici :

Les gamètes sont purs au point de vue des caractères qu'ils portent, et les caractères opposés entrant dans la constitution de l'hybride (ou des individus semblables à lui) se répartissent également entre les gamètes.

II

Avant de terminer, je crois intéressant de signaler, toujours d'après le *Journal of the Royal agricultural Society of England*, des expériences insuffisantes, à la vérité, mais curieuses, entreprises avec des animaux appartenant à des races anglaises fixées[1] et cataloguées.

Un Anglais, Wood, accoupla des moutons Dorset cornés (dans cette race, mâles et femelles ont la tête blanche et portent des cornes) avec des Suffolk à tête noire et sans cornes.

Trente brebis Suffolk accouplées avec un bélier Dorset donnèrent 43 agneaux, tous à tête tachetée en blanc et en noir. On obtint le même résultat en faisant l'accouplement en sens contraire. On avait donc affaire à deux caractères égaux.

L'accouplement d'un bélier Suffolk-Dorset avec des brebis hybrides ne donna malheureusement que 8 agneaux, sur lesquels 5 à tête parfaitement

[1] Voici un exemple de la façon dont on les a fixées.

Pendant vingt ans ou plus, les éleveurs de moutons membres de certaines Associations (*Breeder's Associations*) ont éliminé tout individu présentant dans sa toison blanche des taches noires. Et ils sont arrivés à ne produire que des moutons dans la laine desquels il n'y a pas trace de noir. On peut donc dire que le caractère blanc de la laine est fixé dans leur troupeau. De même pour d'autres caractères.

Ces Associations — dont les éleveurs français devraient connaître à fond la nature et le fonctionnement, car ce sont des organismes singulièrement bien constitués et actifs — publient périodiquement des volumes très utiles au point de vue de l'étude de l'hérédité. On y trouve, par exemple, le rappel des caractères de la race, la liste de tous les animaux nés dans l'année qui font partie de cette race, avec des indications très complètes sur leur origine et sur des particularités intéressantes. On peut ainsi suivre des familles d'animaux de génération en génération et étudier les variations de certains de leurs caractères.

Digitized by Google

blanche, 2 à tête tachetée, 1 à tête noire. Ces nombres, tout en ne permettant pas de déterminer des rapports numériques, montrent pourtant bien que, chez les animaux, un caractère intermédiaire, comme le caractère tacheté, n'est pas susceptible d'être fixé, car les animaux qui le présentent sont capables de donner à une partie de leur descendance des caractères purs.

En ce qui concerne les cornes, on trouva que, dans les hybrides, tous les mâles en avaient, tandis qu'aucune femelle n'en avait, fait que l'on constate aussi chez les hybrides des races bovines Courtes-Cornes et Galloways sans cornes. Mais, à la génération suivante, on eut des mâles dont les uns portaient des cornes, et dont les autres en étaient dépourvus. De même pour les femelles. Il est probable que le caractère corné est fort lorsqu'il s'applique à des mâles, et faible lorsqu'il s'applique à des femelles.

De plus, dans cette génération, toutes les combinaisons se présentèrent : le blanc, le noir, le tacheté, s'associaient aux cornes ou à l'absence de cornes. Remarquons qu'il aurait été possible de fixer une race noire cornée, c'est-à-dire d'en fonder une nouvelle participant des caractères des deux parents.

Des recherches sur la transmission de la couleur alezan chez les chevaux furent faites par Hurst, à l'aide du *General Stud Book of Race Horses*, de Weatherby, ouvrage où ont été enregistrés, avec un soin minutieux, l'origine, le sexe, la robe, les records de tous les pur-sang anglais. Il y vit que l'alezan est faible par rapport au brun et au bai, c'est-à-dire que le produit d'un parent bai ou brun avec un alezan sera toujours bai ou brun. Ainsi les étalons *Saint-Simon*, *Saint-Serph*, *Galopin*, *Ladas*, *Merry-Hampton* et *Cabris Boy*, tous bais ou bruns, ont donné, à la suite de leur accouplement avec des juments alezanes, 370 poulains, tous bais ou bruns.

Mais il convient d'ajouter que les six étalons cités descendaient de parents bais ou bruns, mais jamais alezans. Or, il existe des étalons bais ou bruns ayant un parent alezan. Hurst a étudié la descendance de 12 étalons de cette sorte. Leur accouplement avec des juments alezanes a produit 353 poulains bais ou bruns et 347 alezans. En particulier, l'étalon bai *Isinglass*, qui avait un parent alezan, donna naissance, à la suite d'accouplement avec des juments alezanes, à 62 poulains : 28 bais et 34 alezans. On peut donc dire que les poulains d'une telle origine sont, par moitié, bruns ou bais et, par moitié, alezans. La loi de Mendel peut en fournir l'explication. Car, les étalons étant de constitution AB (A = alezan, B = bai ou brun), ils produisent, en quantité égale, des gamètes A et B qui se portent sur les gamètes A des femelles. On a ainsi des produits AA, alezans purs, et AB, chez lesquels l'alezan existe, mais n'apparaît pas, puisque c'est la couleur faible.

Mais, puisque c'est la couleur faible, si elle se présente chez un animal, c'est donc qu'elle entre seule dans sa constitution. Hurst vérifia cette conséquence par l'étude des produits de 100 étalons alezans d'origines variées avec environ 600 juments alezanes également d'origines variées. Il naquit ainsi 1.104 poulains qui furent enregistrés dans le *Stud Book* : 1.095 comme alezans, et 9 comme non alezans. Mais la loi de Mendel veut que ces 9 dernières inscriptions soient des erreurs. Et, en effet, dans la suite, lorsqu'ils parurent sur les champs de courses, on reconnut que plusieurs de ces 9 chevaux étaient alezans et on les signala comme tels.

III

J'arrête ici les exemples. Il reste à voir jusqu'à quel point ces découvertes scientifiques confirment les opinions courantes, et à déterminer ce qu'on en peut tirer dans la pratique.

La loi de Mendel ne contredit qu'en un point les idées généralement admises chez les praticiens : elle n'attribue aucune conséquence au sens du croisement, ce qui est d'ailleurs conforme à l'opinion des zootechniciens. — Elle confirme l'existence de races marquantes : ce sont celles qui possèdent plusieurs caractères dominants. — Elle ne parle en rien de la rusticité des hybrides, et elle ne dit pas qu'elle est plus grande que celle des parents. — Elle est d'accord avec l'expérience pour déconseiller les croisements à partir des hybrides.

Somme toute, il y a plus souvent concordance que désaccord.

Y a-t-il intérêt à appliquer la loi de Mendel ?

Oui, dans tous les cas ; mais surtout si les caractères internes et peu apparents, ceux qui intéressent vraiment l'éleveur, sont soumis aux mêmes lois de transmission que les caractères apparents et externes, c'est-à-dire si la vitesse et la force d'un animal, la qualité de sa viande, son rendement en laine et en lait, etc., sont des caractères héréditaires soumis aux mêmes lois que la couleur de la robe, que l'existence ou l'absence de cornes. Cela est vraisemblable. Et alors il ne faut pas désespérer de voir l'éleveur, s'aidant un jour de la loi de Mendel, produire des animaux qui emprunteront leurs qualités à plusieurs races, tandis que, de son côté, le grainetier formera ses espèces nouvelles plus facilement et plus sûrement.

Enfin, à défaut de résultats plus réels, il reste encore à l'esprit la satisfaction ou l'illusion d'avoir rendu compte de faits complexes par une formule simple.

Paul Mayer.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Mascart (Jean), *Astronome à l'Observatoire de Paris.* — **La découverte de l'Anneau de Saturne par Huygens.** — 1 *vol. in-8° de 58 pages.* (*Prix* : 2 *fr.*) — *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1907.

La littérature astronomique s'est enrichie cette année d'un petit volume fort intéressant que nous devons à M. Jean Mascart. Il est intitulé : *La découverte de l'Anneau de Saturne par Huygens.*

Les personnes étrangères à l'Astronomie et à son histoire, et qui ont l'occasion de regarder à notre époque la planète Saturne dans un bon télescope, seront fort étonnées d'apprendre avec quelle lenteur on est parvenu à se faire une idée nette du phénomène qu'elles ont sous les yeux. Et pourtant l'illusion, maintenant, n'est pas possible; l'anneau, sauf quelques rares circonstances, apparaît bien nettement, même aux yeux les moins prévenus. Il ne faut pas oublier, en effet, que les instruments en usage actuellement ont une tout autre valeur au point de vue optique que les pauvres lunettes à la portée des premiers observateurs : Galilée, Gassendi, Hévélius, Huygens et les autres. L'achromatisme des lentilles était alors complètement inconnu; l'objet observé était entouré de diverses couleurs et restait toujours plus ou moins nébuleux par suite de l'aberration de sphericité. N'oublions pas, en outre, que tous ces instruments n'avaient qu'une très faible puissance amplificatrice. Les lunettes sorties des mains de Galilée grossirent successivement quatre, sept et trente fois les dimensions linéaires des astres. Huygens lui-même fit ses belles observations avec de simples lunettes de 2 pouces 1/3 d'ouverture au maximum, supportant tout au plus des grossissements de 92 fois.

Il n'est pas étonnant que, dans ces conditions, les premiers observateurs aient été surpris par l'étrangeté du phénomène qui s'offrait à eux dans le monde de Saturne et n'aient pu sur-le-champ donner une explication d'aspects qui nous sont maintenant familiers.

C'est l'histoire des idées plus ou moins bizarres émises par ces premiers observateurs que M. Mascart nous retrace jusqu'au jour où Huygens vit triompher son hypothèse, trop hardie pour quelques-uns, d'un anneau entourant la planète Saturne.

A Galilée, Saturne se montre « tri-corps »; l'étoile centrale, dit-il, semble la plus grande; les deux autres situées, l'une à l'orient, l'autre à l'occident, paraissent la toucher. Ce sont comme deux serviteurs qui aident le vieux Saturne à faire son chemin et restent toujours à ses côtés. Mais, en 1612, l'anneau ne se présente plus que par sa tranche et disparaît. Galilée se perd en conjectures et, désespéré, finit par se persuader que les verres de ses lunettes l'ont trompé et que les apparences observées n'étaient que des illusions.

Gassendi, dont les observations de l'anneau sont très précises, ne soupçonne pas davantage la vérité. Avec Hévélius, une explication vraisemblable se fait jour : Saturne est un corps rond, ayant de chaque côté, suivant un diamètre, deux bras terminés par deux boules rondes, et la planète, en tournant, laisse voir plus ou moins ces appendices singuliers. Riccioli imagine que Saturne est entouré d'une armille mince, plane, elliptique, adhérente en deux points à la planète, qui tourne avec elle pour cesser d'être visible en se profilant sru Saturne. Pour Hodierna, Saturne est ovoïde, et deux énormes taches, par la rotation, peuvent venir l'obscurcir sur les bords. D'autre part, Roberval explique la présence de l'appendice de Saturne par des vapeurs plus ou moins denses s'échappant, sous l'action du Soleil, de la zone torride de la planète; ces nuages, émanés de l'équateur, restent suspendus à une certaine distance de Saturne.

Enfin, ce n'est que près de cinquante ans après les premières observations de Galilée que Huygens annonce que Saturne est entouré par un anneau matériel de très faible épaisseur et qui ne touche nulle part la planète.

Sans arrêter là l'histoire de l'anneau de Saturne, comme semblerait l'indiquer le titre de l'ouvrage, M. Mascart retrace, un peu trop brièvement peut-être, les principaux travaux dont l'anneau fut l'occasion depuis cette époque jusqu'à nos jours. Il nous montre que toutes les questions sont loin d'être résolues sur ce sujet et que, pour être différent, le mystère de l'anneau de Saturne n'en subsiste pas moins.

D'ailleurs, dit-il en terminant, « c'est le lot de l'Astronomie que d'écarter les hypothèses successives sur des questions dont le détail, dont le mécanisme intime et profond nous échappera toujours ».

L'ouvrage est rendu plus attrayant par le grand nombre de documents et de dessins anciens qu'il renferme, et qui nous permettent de juger directement de l'évolution des idées en ce qui concerne ce problème. Il serait à souhaiter que M. Jean Mascart, bien connu déjà du monde scientifique par ses recherches originales et par d'autres travaux historiques très documentés, eût de nombreux imitateurs et qu'en Astronomie, en particulier, on ne se contentât pas de vivre sur les positions acquises par nos devanciers, mais que l'on sût encore de quelle façon et après quels labeurs ces courageux pionniers ont réussi à défricher le champ immense qu'ils nous ont donné mission de cultiver.

L'Abbé T. Moreux,
Directeur de l'Observatoire à Bourges.

Debauve (A.), *Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.* — **Construction et entretien des routes et chemins.** 2e *édition.* — 1 *vol. gr. in-8° de 480 pages, avec nombreuses figures.* (*Prix*: 18 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1907.

Cet ouvrage renferme de nombreux et intéressants renseignements sur les différentes questions concernant la voirie. Il sera utile aux professionnels.

La construction des chaussées est traitée avec développements. Les méthodes ayant peu varié depuis un temps assez long, il paraît inutile de s'appesantir sur ce point.

Il n'en est pas de même pour l'entretien. L'emploi des rechargements cylindrés s'est répandu partout et a considérablement amélioré la viabilité. Cette partie est très clairement étudiée. La comparaison entre les cylindres à chevaux et à vapeur fait ressortir les avantages de ces deux sortes d'engins.

Il y a aussi le balayage mécanique, très développé aujourd'hui. Son emploi est examiné et les indications données sont à retenir.

Mais la question à l'ordre du jour est la lutte contre la poussière.

Le développement de l'automobilisme, avec des vitesses et des poids de plus en plus grands, a fait apparaître des besoins nouveaux et, par là même, de nouvelles méthodes de préservation des chaussées. L'auteur passe en revue les essais faits depuis quelques années, par l'emploi du goudron et d'autres matières visqueuses, pour la diminution de la boue et de la pous-

Digitized by Google

sière. Le développement de cette partie si intéressante est assez succinct. On se rend compte que les renseignements ne sont pas encore très nombreux et les résultats tous concluants. Le prix indiqué de 0 fr. 10 à 0 fr. 15 par mètre carré de chaussée goudronnée semble un peu faible. Celui de 0 fr. 17 à 0 fr. 20 doit probablement se rapprocher plus de la réalité. L'exécution du goudronnage est assez délicate et l'auteur signale parfaitement les précautions à prendre.

En quelques lignes seulement, car les essais ont été jusqu'ici peu nombreux, — à notre connaissance, — il est parlé de l'incorporation du goudron dans l'intérieur de la couche de pierres des rechargements.

Il y a peut-être, dans ce système, un procédé d'entretien qui permettra de supprimer la boue, la poussière et de réduire l'usure le plus possible.

2° Sciences physiques

Flusin (Georges), *Préparateur à la Faculté des Sciences de Grenoble.* — **Du rôle chimique de la membrane dans les phénomènes osmotiques.** (*Thèse de Doctorat ès sciences.*) — 1 *vol. de* 175 *pages. Allier frères. Grenoble*, 1907.

Les phénomènes d'osmose, si importants par eux-mêmes, ont acquis un intérêt capital depuis que nous connaissons le merveilleux parti que van t'Hoff a su tirer des membranes semi-perméables. A vrai dire, le caractère hémi-perméable d'une paroi est un cas limite qu'aucune membrane ne réalise d'une façon complète, sauf peut-être le précipité de ferrocyanure de cuivre, pour quelques corps dissous.

Serrant la question de plus près, M. Flusin nous fait la description exacte de l'osmose à travers certaines parois, avec toutes les complications que nous offre le processus réel.

Ces complications sont nombreuses, et, avant de donner un aperçu des phénomènes[1], nous devons louer sans réserve la patience inlassable de l'auteur qui l'a fait triompher des difficultés expérimentales et la sagacité avec laquelle il a su démêler l'écheveau embrouillé des résultats numériques.

L'étude de M. Flusin porte principalement sur trois membranes : caoutchouc, vessie de porc, parchemin. Un des facteurs déterminants de l'osmose est le *coefficient d'imbibition*, volume de liquide absorbé par 100 grammes de membrane, à une température et pour un temps d'immersion déterminés.

On distingue entre les liquides actifs, qui ont un grand pouvoir d'imbibition (système vessie-eau, caoutchouc-chloroforme), et les liquides inactifs, faiblement absorbés par le septum (vessie-chloroforme).

La membrane étant interposée entre un liquide actif et un inactif, le débit osmotique ne dépend que du coefficient d'imbibition de la membrane pour le liquide actif et lui est grossièrement proportionnel.

Si les liquides sont actifs de part et d'autre, le débit est déterminé à peu près par la différence de leurs coefficients d'imbibition. La nature et les constantes physiques des liquides n'interviennent pas; l'osmose n'est régie que par leur propriétés respectives vis-à-vis de la membrane considérée.

L'étude de l'osmose d'un même liquide actif vers divers liquides inactifs met en évidence un autre facteur important, masqué dans les expériences précédentes: c'est l'attraction réciproque des deux liquides, cause déterminante de la dépression cryoscopique et de la diminution de tension de vapeur; en fait, dans ce cas, les débits osmotiques sont en raison inverse des volumes moléculaires des liquides inactifs.

L'osmose des solutions occupe presque la moitié du Mémoire de M. Flusin. Ici le processus est plus complexe encore. Avec les parois hémiperméables, le débit osmotique n'est réglé que par l'affinité du corps dissous pour le dissolvant pur, tandis que les propriétés de la membrane réelle sont plus ou moins altérées par la présence du corps dissous, qui peut même l'attaquer chimiquement. Le coefficient d'imbibition relatif à la solution ne sera donc pas le même qu'au sein du dissolvant pur (il est quelquefois plus grand dans le premier cas), et l'auteur nous montre pour quelles raisons le débit osmotique augmente moins vite que la concentration du corps dissous et passe même quelquefois par un maximum.

Nous ne pouvons consigner ici qu'une faible partie de la multitude de faits énumérés par l'auteur; ajoutons seulement qu'on trouve, dans cet ouvrage, un exposé des plus intéressants du mécanisme de l'osmose, dans lequel l'influence de chaque facteur est soumise à une critique savante et éclectique.

La thèse de M. Flusin sera lue avec profit par tous ceux qui voudront se livrer à des travaux théoriques ou expérimentaux sur les phénomènes osmotiques.

P. Th. Muller,
Professeur à l'Université de Nancy.

Rigaud (F.), *ancien Ingénieur en Chef des Mines, Expert près la Cour d'Appel de Paris.* — **Préparation mécanique des Minerais** (*Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire*). — 1 *vol. de* 177 *pages.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars et Masson, éditeurs. Paris*, 1907.

La préparation mécanique des minerais a pour but d'éliminer aussi complètement que possible la gangue qui les accompagne et, par conséquent, d'augmenter la valeur marchande de ces minerais. Mais il y a une limite à cet enrichissement; les frais et les pertes de l'opération s'accroissant beaucoup plus vite que la richesse même : c'est ainsi que, pour des terres calaminaires, on ne trouve plus avantage à dépasser la teneur en zinc de 50 %.

Pour arriver au but, il faut isoler en grains aussi distincts que possible les différents minéraux qui composent le produit brut : c'est le fait du débourbage et du broyage; puis séparer les grains par grosseur et par nature, en profitant surtout des différences qui existent dans les propriétés physiques des corps. Afin d'obtenir de plus grands écarts dans les densités relatives des éléments qu'on veut séparer, on opère de préférence dans un milieu fluide; mais, préalablement, un classement par grosseur doit amener les grains de minerai aux mêmes formes et aux mêmes dimensions.

L'auteur aurait pu successivement décrire les appareils de broyage, de classement par grosseur et d'enrichissement : il a préféré adopter la méthode inverse, pour bien marquer l'importance des derniers appareils dans les laveries. L'outillage, d'ailleurs, varie beaucoup suivant les cas. Il est fortement simplifié dans les pays neufs, au début des recherches et en l'absence de tout moteur mécanique. Alors le travail se fait soit par entraînement, soit par chute, dans des conditions toujours simples et économiques, mais avec des rendements plutôt médiocres. L'emploi de la force motrice permet de perfectionner les procédés et d'utiliser les appareils à secousses et les cribles filtrants. M. Rigaud s'étend avec raison sur la théorie du crible, dont le réglage joue un rôle si capital dans les installations de lavage. Sa discussion porte naturellement sur un exemple, et le graphique représentant les mouvements des grenailles permet de suivre l'analyse complète des phénomènes qui président à la séparation. D'autre part, la question des tables à secousses pour le traitement des sables et schlamms a été très convenablement traitée.

L'auteur n'a pu évidemment faire mention de deux innovations très récentes qui se rapportent à la préparation mécanique des minerais. La première est l'enrichissement des sulfures métalliques par flottage, par les procédés de Potter et Delprat, qui ont été appliqués avec succès aux résidus du traitement des minerais sulfurés de Broken Hill. Ils consistent à ajouter aux

[1] M. Flusin exposera lui-même avec plus de détails, aux lecteurs de cette *Revue*, les points saillants de son travail.

Digitized by Google

boues de l'acide sulfurique dilué ou du bisulfate de soude et à chauffer le mélange à 65°. Dans ces conditions, les sulfures métalliques flottent, entraînés par de petites bulles de gaz adhérentes et se rassemblant à la surface, la gangue restant au fond du liquide. La seconde des nouveautés est le procédé Elmore, pour la concentration par flottage dans le vide, procédé qui est basé sur le malaxage des minerais avec de l'huile. Il n'est pas douteux que la seconde édition de l'ouvrage de M. Rigaud donnera, sur ces deux questions, des renseignements intéressants.

Tel qu'il est, ce petit livre remplit bien l'office d'un aide-mémoire, les principes de la préparation mécanique des minerais y étant suffisamment rappelés pour éviter à l'ingénieur l'obligation de recourir sans cesse à son cours d'exploitation.

EMILE DEMENGE,
Ingénieur métallurgiste.

3° Sciences naturelles

Lunet de Lajonquière (Commandant E.). — **Le Siam et les Siamois.** — 1 *vol. in*-18 *de* 358 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1907.

Après avoir eu longtemps avec le Siam des rapports très tendus et de multiples sujets de désaccord, la France a pu enfin, dans un nouveau traité signé le 23 mars 1907, régler d'une façon qui semble définitive les difficultés qui divisaient les deux pays. L'ouvrage du commandant Lunet de Lajonquière est venu, fort à propos, nous donner sur nos voisins de l'Indo-Chine des renseignements intéressants. Les voyages dans les divers pays indo-chinois, les savantes études d'archéologie qu'il a faites sur de nombreux points et particulièrement dans ces provinces cambodgiennes, si riches en magnifiques monuments, que le Siam vient de restituer à notre protégé, l'ont mis à même de recueillir de sûres informations.

Parti de Bangkok avec M. Finot, directeur de l'École française d'Extrême-Orient, qui rentrait en France par les Indes, M. Lunet de Lajonquière a, au cours du voyage qu'il décrit ici, remonté les vallées du Ménam et du Méping, son affluent, et, franchissant l'épine dorsale de la péninsule, il a gagné Moulmein, puis Rangoon.

Laissant alors son compagnon, il a repris jusqu'à Raheng, sur le Méping, la route déjà parcourue, et recoupant, à peu près par le parallèle de cette ville, les trois cours d'eau qui se réunissent plus bas pour former le Ménam, il est entré à Bangkok en suivant la plus orientale de ces rivières.

En donnant un aperçu de l'état général du royaume, M. Lunet de Lajonquière montre les progrès considérables qui ont été réalisés dans l'administration du pays. Les divers services ont été réorganisés d'après les méthodes européennes, avec l'aide de conseillers étrangers. Les finances paraissent prospères, l'armée est équipée et instruite à l'européenne, la flotte compte déjà une vingtaine de bateaux, le réseau ferré s'étend sur plus de 450 kilomètres. Tout ceci, c'est la façade européenne du Siam. Mais, si les Siamois ne s'effraient pas des méthodes occidentales et sentent le besoin de les adopter, afin de bien établir qu'ils veulent être une nation libre, traitée de pair par les Puissances du monde entier, ils conservent leur existence orientale et traditionnelle dans leurs maisons où aucun Européen n'est admis à titre intime. C'est une vie en partie double, mi-européenne, mi-extrême-orientale.

Du vieux Siam, M. Lunet de la Jonquière nous entretient surtout longuement. Il nous parle de ses pagodes et de ses bonzes, de son architecture, de ses théâtres, de ses traditions, de ses coutumes. Il décrit les caractères et les mœurs des populations variées qui habitent soit Bangkok, soit l'intérieur du pays; mais, chemin faisant, tout en visitant les pagodes, le voyageur constate à l'occasion les progrès économiques du Siam. Le Grand Central siamois, cette voie ferrée qui, de Bangkok, remontera la vallée du Ménam et gagnera les Muong laotiens du Nord, jouera un rôle considérable.

Passant en territoire anglais, par delà la Salouen, le Commandant de Lajonquière fait une peinture peu enthousiaste de Moulmein, qui n'a fait que décroître depuis le développement de sa rivale de l'Iraouaddy, Rangoon. Celle-ci, jadis sorte de cité sainte, est devenue depuis une cinquantaine d'années une ville industrielle et commerciale. L'itinéraire choisi pour le retour permit au voyageur de visiter les anciennes capitales siamoises, Sukkhothai, Saxanalai, dont les ruines se perdent aujourd'hui au milieu de la verdure.

GUSTAVE REGELSPERGER.

Roux (Cl.), *Docteur ès sciences, Président de la Société botanique de Lyon.* — **Monographie du Vignoble de Côte-Rotie.** — 1 *vol. in*-8°, *de* 113 *pages. Rey et Cie, éditeurs. Lyon*, 1907.

M. Claudius Roux vient de publier, sous le patronage de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon, un important travail sur le vignoble de Côte-Rotie. Cet ouvrage s'ajoute à la liste déjà longue des études du même auteur sur divers territoires de la région lyonnaise.

Après un aperçu historique concis sur Ampuis et Côte-Rotie, M. Roux aborde la topographie et fait de la région, au triple point de vue géologique, climatologique et agrologique, une étude détaillée.

Les chapitres suivants traitent avec ampleur de l'ampélographie, de la technique viticole et œnologique concourant à la production des vins de Côte-Rotie, jadis fameux parmi les meilleurs, aujourd'hui entourés d'une auréole un peu moins brillante.

Çà et là quelques longueurs, ailleurs quelques lacunes; mais, en somme, l'ouvrage témoigne d'une très sérieuse documentation et d'un très grand souci de sincérité.

L. ROOS,
Directeur de la Station œnologique de l'Hérault.

Boehm et **Oppel**. — **Manuel de Technique microscopique**, traduit par M. ET. DE ROUVILLE, *Chef des Travaux de Zoologie à l'Université de Montpellier, 4e édition française (d'après la 5e édition allemande).* — 1 *vol. in*-12 *de* 498 *pages.* (*Prix* : 7 fr.) *Vigot frères, éditeurs. Paris*, 1907.

Le traducteur a provoqué de la part des histologistes la communication de leurs procédés techniques les plus récents, de sorte que cette 4e édition française est tout à fait au courant et répond à tous les besoins d'une technique moderne.

A. PRENANT,
Professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.

4° Sciences médicales

Oulmont (Dr P.), *Médecin de l'Hôpital de la Charité*, et **Ramond** (Dr F.), *Médecin des Hôpitaux.* — **L'Obésité. Symptomatologie et étiologie; anatomie et physiologie pathologique, traitement.** — 1 *vol. de* 230 *pages.* (*Prix*: 3 *fr.*) *O. Doin, éditeur. Paris*, 1907.

Dans ce volume, les auteurs ont exposé successivement la clinique, la physiologie pathologique et le traitement de l'obésité, et ont apporté un certain nombre d'observations et d'idées personnelles qui donnent un grand intérêt à leur travail. Ils acceptent la division classique des obèses en obèses pléthoriques et obèses anémiques et montrent ce qui caractérise ces deux formes cliniques. Pour eux, les obèses de la première catégorie éliminent, en général, bien les chlorures, tandis que ceux de la seconde catégorie ont tendance à faire de la rétention chlorurée; mes recherches personnelles sur l'obésité simple et l'obésité compliquée m'ont amené à la même conclusion.

D'accord avec la doctrine de M. Bouchard, les auteurs font, dans l'étiologie de l'obésité, une part considérable à l'hérédité; ils n'ont vu l'obésité acquise que trois fois sur soixante-sept malades. Cette opinion, classique en

Digitized by Google

France, ne me paraît pas exacte; il me semble que l'on admet trop facilement l'hérédité des maladies et que l'on n'accorde pas une attention assez grande à l'éducation morbide.

Pour qu'on puisse déclarer l'obésité héréditaire, il ne suffit pas que l'obèse soit fils d'obèse; il faudrait que ce fils d'obèse eût été élevé loin de ses parents, dans les mêmes conditions d'alimentation et de vie que d'autres enfants, et qu'il devint obèse, alors que les autres ne le deviennent pas; si le fils d'obèse reste dans son milieu familial, il y prend les habitudes de suralimentation et de sédentarité de ses générateurs et devient obèse par mauvaise éducation hygiénique. C'est là un exemple d'obésité familiale, mais non héréditaire. Or, je ne connais pas jusqu'ici d'observations établissant avec précision l'existence d'une obésité héréditaire vraie.

MM. Oulmont et Ramond ont cherché, par des expériences personnelles, à pénétrer le mécanisme physiologique de l'obésité. Ayant mis deux sujets, l'un sain et l'autre obèse, au même régime alimentaire, celui du quatrième degré de l'hôpital, ils ont constaté que l'obèse a excrété en moyenne par les urines 24 gr. 84 d'azote total, tandis que le sujet sain n'en a éliminé que 16 à 20 grammes. Ils en concluent que l'obèse, brûlant plus d'albumine que le sujet sain, doit, en revanche, comburer moins de graisses et d'hydrocarbonés et, par conséquent, les mettre en réserve. Malheureusement, les régimes n'ont pas été calculés exactement; on sait combien est variable d'un sujet à l'autre le quatrième degré de l'hôpital; il est probable que l'obèse, emporté par son appétit, a constamment mangé plus que le sujet sain.

En effet, la quantité d'azote excrétée représente bien, chez un sujet sain, dont le poids ne change pas, la quantité d'azote introduite par l'alimentation; l'homme sain ne fait pas de rétention azotée; l'obèse qui ne maigrit pas ne fait pas de déperdition azotée. L'hypothèse des auteurs est, de plus, en contradiction avec les résultats de Munk, qui a établi qu'un organisme riche en graisse détruit moins d'albumine qu'un organisme maigre. Les expériences mériteraient donc d'être reprises avec une précision plus grande dans les régimes.

Rien n'est plus difficile à apprécier que le mécanisme pathogénique de l'obésité. Beaucoup de notions erronées ont cours sur l'action des glandes vasculaires sanguines, du corps thyroïde, de l'ovaire, des hémorragies, des intoxications. Les auteurs ont exposé simplement les théories diverses; il est regrettable que leur critique n'ait pas été plus sévère pour beaucoup d'entre elles.

MM. Oulmont et Ramond font l'étude critique des principaux régimes et des principales médications vantées contre l'obésité; ils discutent l'efficacité des médicaments et montrent avec raison que la base du traitement est le régime alimentaire; ils en donnent la formule théorique et pratique d'une façon très claire.

En résumé, le petit livre de MM. Oulmont et Ramond, riche en faits et en idées, sera fort utile aux médecins qui veulent se documenter sur la question de l'obésité.

MARCEL LABBÉ,
Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris.

5° Sciences diverses

Guyot (Yves). — **La Science économique.** — *Troisième édition, entièrement refondue, contenant 18 graphiques.* — *1 vol. in-16 de* XI-531 *pages.* (*Prix : 5 fr.*) *Schleicher frères, éditeurs. Paris*, 1907.

La Science économique, de M. Yves Guyot, remonte déjà à plus de vingt-cinq ans; mais la troisième édition, qui vient de paraître, a été tellement revue et augmentée que l'on peut considérer cette publication comme nouvelle. M. Yves Guyot, ancien ministre des Travaux publics, occupe une place éminente dans le monde politique. C'est dire à la fois les qualités et les défauts du livre. Les qualités proviennent de ce que l'auteur a été activement mêlé à tous les événements économiques qui ont agité le monde depuis quarante ans. Son ouvrage est vécu et renferme des renseignements précieux sur ce que nous pourrions appeler le programme économique de l'homme d'Etat. Mais M. Yves Guyot a plutôt essayé de sérier les problèmes que de les réunir par un lien logique. Je sais bien que la question est complexe et fort controversée; chaque économiste adopte un plan différent, ce qui revient à dire que la classification et la méthode, bases de la science, sont encore à trouver.

La raison d'un pareil état de choses doit être cherchée, croyons-nous, dans l'isolement de l'Economie politique, et ce serait en se laissant pénétrer par d'autres sciences, telles que la Géographie humaine, la Psychologie, la Physiologie, l'Ethnographie, que cette discipline trouverait les fondements rationnels qui lui font encore défaut à l'heure actuelle. L'homme est un être qui vit sur la terre, et ce truisme oblige l'Economie politique à faire appel aux sciences de la vie et aux sciences de la terre. L'échange est conditionné par le désir et la croyance, car le crédit est un acte de foi dans l'honnêteté du débiteur, comme la panique, qui aggrave toute crise, est un acte de défiance vis-à-vis des banques. Un besoin est une combinaison de désir et de jugement. Nous avons besoin d'un article, quand nous désirons l'exemption d'un certain mal ou l'acquisition d'un certain bien, et que nous croyons cet article propre à nous faire atteindre ce but. Les prix sont déterminés pareillement par des comparaisons de désirs et de jugements; tout ce qui influe sur ces états psychologiques des acheteurs ou des vendeurs éventuels doit être regardé comme un facteur du prix: la vue des objets, la lecture d'une réclame, les suggestions de personne à personne, la conservation, etc. Le travail, sa durée, son intensité dépendent de facteurs physiologiques et climatiques; la propriété dérive en partie sa forme de la nature du sol. La science économique n'est pas amorale, car la prospérité des nations n'est pas indépendante de leur moralité. La notion de l'homme économique est trop simple pour rendre compte de la complexité des faits; nous ne la considérons pas comme scientifique, car elle ne correspond pas à la réalité. Le facteur psychologique a une importance telle que le regretté Gabriel Tarde a pu lui consacrer deux volumes extrêmement remarquables par leur originalité et leur profondeur.

M. Yves Guyot a, par contre, très bien condensé les principes essentiels de la Statistique. Il a donné à l'idée de valeur tout le développement qu'elle comporte, comme il a eu raison d'insister sur la question de la population et de ses lois, généralement sacrifiée dans les traités d'Economie politique, mais qui forme dans son livre une des parties les plus neuves. Les exposés critiques de la théorie quantitative, du bi-métallisme et du protectionnisme frappent par la justesse et la précision; ils sont servis surtout par une documentation des plus abondantes, que l'on retrouve avec plaisir dans l'étude très complète des crises et des variations de prix. Nous louerons encore l'auteur d'avoir eu fréquemment recours aux graphiques, qui devraient être l'illustration nécessaire de tous les ouvrages de ce genre, et nous devons enfin signaler la clarté et la vie de son exposé, la compétence particulière avec laquelle il a traité la partie prépondérante de son livre, les questions commerciales, et, spécialement, la question monétaire.

PIERRE CLERGET,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce
de Lyon.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Décembre 1907.

L'Académie présente, à M. le Ministre de l'Instruction publique, la liste suivante de candidats : *a*) pour le poste de Directeur de l'Observatoire de Paris : 1° M. **G. Bigourdan**; 2° M. **B. Baillaud**; *b*) pour la chaire de Chimie organique vacante au Collège de France : 1° M. **E. Jungfleisch**; 2° M. **L. Bouveault**.

1° Sciences mathématiques. — M. le **Cᵗ Jacob** présente un appareil permettant l'intégration numérique de l'équation de Riccati et, par suite, des équations linéaires du deuxième ordre, avec ou sans second membre. — M. **D. Th. Egoroff** donne la solution du problème : Déterminer toutes les surfaces qui peuvent être déformées d'une manière continue avec conservation d'un système conjugué, l'une des familles de ce système étant composée de courbes planes ou coniques. — M. **de Séguier** présente ses recherches sur la théorie des matrices. — M. **N. Saltykow** expose quelques considérations sur les transformations infinitésimales et les fonctions adjointes. — M. **J. Chazy** applique, aux équations différentielles du troisième ordre à points critiques fixes, la méthode qui a permis à M. Painlevé de découvrir des transcendantes uniformes nouvelles comme intégrales d'équations du second ordre. — M. **Bertin** présente un Rapport sur un Mémoire de MM. **Fortant** et **Le Besnerais** intitulé : Etude sur les mouvements d'eau qui peuvent se produire au contact et au voisinage d'une paroi verticale. — M. **J. Guillaume** a observé, à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon, les phénomènes de disparition et de réapparition de l'anneau de Saturne qui ont eu lieu récemment.

2° Sciences physiques. — MM. **G.-A. Hemsalech** et **C. de Watteville** décrivent un dispositif permettant d'obtenir le spectre de flamme des sels des corps rares; on les incorpore à un ciment peu fusible, qu'on loge dans une électrode de charbon. — MM. **Audiffren** et **Singrun** présentent un appareil frigorifique dans lequel le rendement est augmenté en enfermant le compresseur dans une enceinte hermétiquement close et en le faisant actionner par un moteur extérieur sans percer la paroi. — M. **J. de Kowalski** a constaté que les solutions de terres rares, solidifiées aux basses températures, sont toutes très phosphorescentes; il en est de même d'un grand nombre de corps organiques dissous dans l'alcool et solidifiés. — M. **Delauney** a observé que les valeurs de plusieurs poids atomiques, pour O = 16, sont de la forme $A^a : n$, dans laquelle A et *n* sont des nombres entiers. — MM. **E. Briner** et **E. Durand** ont constaté que le refroidissement des gaz est une circonstance favorable à la production de l'ozone par l'effluve. L'effluve agissant sur l'air est surtout producteur d'ozone, l'étincelle d'oxyde d'azote. — MM. **G. Malfitano** et **L. Michel** ont étudié l'hydrolyse du perchlorure de fer en présence d'HCl; l'hypothèse que la constitution du colloïde formé aux dépens des produits de l'hydrolyse soit celle d'ions complexes paraît expliquer le mieux les phénomènes. — M. **G. Charpy** montre que la solubilité du graphite dans le fer décroît régulièrement avec la température et que, à 1.000°, elle est d'environ 1 °/₀. — M. **G. Belloc** a reconnu que les dégagements des gaz occlus dans les aciers sont en étroite relation avec les points critiques du fer; ces gaz sont CO^2, CO, H et Az. — M. **O. Boudouard** a observé qu'il est très difficile d'extraire les gaz contenus dans les fers et aciers; en chauffant trois fois à 1.100°, le troisième chauffage permet de retirer encore une quantité importante de gaz. — M. **G.-A. Le Roy** indique un procédé de recherche de l'acide tartrique dans les cidres, basé sur la réaction colorée avec une solution de résorcine dans l'acide sulfurique. — M. **L. Henry** a constaté que l'allylamine se comporte normalement vis-à-vis de l'acide nitreux, en déterminant exclusivement la production de l'alcool qui lui correspond. — M. **E.-E. Blaise** a reconnu que les cétones β-acétoxylées, qui résultent de l'action des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc sur les chlorures des acides gras β-acétoxylés, possèdent bien la forme cétonique. — M. **V. Auger**, en faisant réagir sur le cyanure de potassium en solution aqueuse les sulfates de diméthyle et de diéthyle, les sulfates acides de méthyle et d'éthyle et les iodures de méthyle et d'éthyle, a obtenu les cyanures de méthyle et d'éthyle avec d'excellents rendements. — M. **R. Fosse** a observé que l'OH du benzhydrol *p-p*-tétraméthyldiaminé est capable de s'éliminer sous forme d'eau en se combinant à un atome d'H des β-dicétones, des éthers β-cétoniques et maloniques. — MM. **Brocq-Rousseu** et **Ed. Gain** ont constaté l'existence d'une peroxydiastase dans un grand nombre de graines sèches. — M. **M. Mirande** montre que la production de l'anthocyanine dans les feuilles dépend des facteurs suivants, outre l'action de la lumière : 1° interruption du courant libérien; 2° accumulation de substances ternaires : phloroglucine, tannins, glucose, et présence d'une oxydase.

3° Sciences naturelles. — M. **Ch. Vaillant** revendique la priorité de la radiographie de la masse intestinale comme moyen de diagnostic de la mort réelle. — M. **Ch. Fouquet** a constaté l'existence du *Treponema pallidum* dans l'appendice d'un fœtus hérédo-syphilitique, ce qui tendrait à faire intervenir la syphilis comme cause de l'appendicite. — M. **J. Gautrelet** a étudié l'action sur le cœur de certains ions métalliques introduits par électrolyse dans l'organisme. — M. **Em. Yung** ajoute aux facteurs déjà connus capables d'influer sur la longueur de l'intestin chez les grenouilles : la taille, le sexe et la saison. — M. **C. Cépède** a observé la castration parasitaire des étoiles de mer mâles par un nouvel Infusoire astome, qu'il nomme *Orchitophrya stellarum*. — M. **A. Cligny** a reconnu que la truite de mer est bien distincte du saumon, morphologiquement et zoologiquement; en revanche, les truites de rivière paraissent former une souche dont les truites de mer sont une tribu détachée. — M. **P. Lesage** a constaté que, dans les champs magnétiques de haute fréquence, la germination et la croissance du *Penicillium* sont accélérées; toutefois, la plus grande partie de l'effet doit être attribuée au léger échauffement du fil du solénoïde. — M. **L. Blaringhem** a observé une station de *Papaver Rhœas*, composée de 250 individus, offrant au moins 14 séries de formes; on se trouve probablement en présence de phénomènes de mutation. — M. **Beille** décrit une série d'Euphorbiacées nouvelles de l'Afrique centrale et occidentale, recueillies par M. Auguste Chevalier. — M. **Deprat** signale, en Sardaigne, un cas de dédoublement du thalweg d'une vallée par l'intervention d'une coulée volcanique.

Séance du 23 Décembre 1907.

M. le Président annonce le décès de M. **J. Janssen**, membre de la Section d'Astronomie, et de Lord **Kelvin**, associé étranger. — Sir **G. Darwin** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et de Navigation.

Digitized by Google

1° Sciences mathématiques. — **M. M. Amann** adresse ses observations du passage de Mercure sur le Soleil, faites à l'Observatoire d'Aoste les 13-14 novembre. — **M. L. Dunoyer** décrit un mode de compensation des compas électromagnétiques pour blockhaus cuirassés et pour sous-marins.

2° Sciences physiques. — **M. L. Malclès** montre que l'équilibre électrostatique qu'on obtient instantanément pour les liquides conducteurs est le même que celui qu'on atteint lorsque, substituant au liquide conducteur un liquide diélectrique à résidu, on attend un temps suffisant pour que la surcharge lente ne subisse plus d'accroissement sensible. — **MM. H. Abraham et Devaux-Charbonnel** ont reconnu que, pour obtenir un rendement maximum avec les appareils téléphoniques, il faut choisir des récepteurs ayant une résistance de 100 à 200 ohms et un rapport de transformation voisin de 6 ou 7. — **M. C. Chéneveau** a observé que les variations de la constante optique K ou du pouvoir réfringent moléculaire des corps dissous avec la température suivent à peu près une loi linéaire : $K_{t'} = K_t [1 + m(t'-t)]$, m étant le coefficient moyen de dilatation en volume de la solution. — **M. Ph.-A. Guye** estime que ni les extrapolations paraboliques de M. D. Berthelot, ni l'extrapolation graphique de mesures de compressibilité effectuées jusque sous des pressions de 40 ou 70 millimètres ne permettent de vérifier rigoureusement le principe des densités-limites. — **M. A. Nodon** a reconnu que le potentiel terrestre conserve une valeur sensiblement constante pendant les périodes de beau temps; les changements de temps, troubles atmosphériques et séismes sont annoncés par des variations de la charge terrestre. — **M. G. Urbain** montre que les éléments nouveaux et méta-éléments phosphorescents de W. Crookes n'existent pas en réalité, mais doivent leur origine aux variations spectrales que les substances phosphorescentes manifestent quand elles sont mélangées en proportions variables avec le diluant nécessaire à la manifestation de leur phosphorescence. — **M. P. Nicolardot** a préparé un nouveau sulfate de chrome, de formule $(Cr^2O^3)(SO^3)^{2,5}(H^2O)^{7,5}$, assez soluble dans l'eau, non précipitable par les réactifs de l'acide sulfurique et du chrome. — **M. Em. Pozzi-Escot** recherche et dose le nickel en présence de quantités quelconques de Co, Fe et Mn, en le précipitant à l'état de molybdate double d'ammonium et en dissolvant ensuite le fer par AzH^4Cl et AzH^3. — **MM. L. Pelet-Jolivet et N. Andersen** ont constaté que le ponceau cristallisé, colorant acide, est absorbé par la laine en quantité d'autant plus grande que l'acide est plus fort; la quantité fixée en bain neutre est faible, en bain alcalin presque nulle. Le bleu de méthylène, colorant basique, donne l'inverse. — **M. G. Darzens** a obtenu des éthers glycidiques et des aldéhydes de la série du naphtalène en condensant les cétones de cette série avec l'éther monochloracétique. — **MM. Ch. Moureu et A. Valeur** ont préparé les sels de l'isospartéine; c'est une base bitertiaire saturée, non méthylée à l'azote. — **M. G. André** a observé une constance remarquable dans la composition des sucs végétaux obtenus par des extractions successives sous l'influence de la pression. — **M. G. Bertrand** a étudié l'action de la tyrosinase sur quelques corps voisins de la tyrosine. Tous ceux qui renferment un OH phénolique sont oxydés par le ferment, avec production de colorations allant du jaune au rouge et au brun.

3° Sciences naturelles. — **MM. F. X. Lesbre et F. Maignon** ont reconnu que la branche interne du spinal du porc contient non seulement des fibres motrices, mais encore des fibres sécrétoires, c'est-à-dire toutes les fibres centrifuges du vague. — **M. Béclère** montre qu'il n'existe pas dans la netteté plus ou moins grande des images radiographiques de l'abdomen, pendant la vie ou après la mort, une différence essentielle et caractéristique, mais seulement des différences de degré; le diagnostic de la mort réelle par la radiographie de l'abdomen n'est donc pas absolu. — **MM. Moussu et Goupil** ont étudié les effets des injections des bacilles tuberculeux chlorés: elles produisent une réaction thermique accentuée, qui se manifeste aussi chez les sujets sains. — **MM. A. Rodet et Jeanbrau** ont constaté, après injection de bacilles tuberculeux atténués par la voie digestive, qu'il n'y a pas, malgré une tuberculisation pulmonaire distincte, trace de localisation articulaire sur des jointures soumises à des traumatismes. — **M. W. Lubimenko** a observé que l'optimum de l'éclairement pour la production de la chlorophylle chez les plantes est inférieur à l'intensité lumineuse maximum du jour. — **M. J. Beauverie** a suivi la formation des grains d'aleurone pendant la maturation de la graine, grâce aux propriétés métachromatiques des globoïdes qu'ils contiennent. — **M. Ph. Glangeaud** a étudié le gisement de Vertébrés fossiles récemment découvert près de Moulins (Allier); il appartient à l'âge miocène moyen. — **M. G. Vasseur** a déterminé les fossiles de la tuilerie de Soumailles ; il y a trouvé une prémolaire provenant d'un genre nouveau de Rhinocéridé et une molaire d'un grand *Paloplotherium*; cette faune appartient au début de l'Oligocène. — **M. J. Blayac** a étudié les phénomènes de capture qui se sont produits à l'époque du Quaternaire dans les vallées de l'Agout et du Lhers mort.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 Décembre 1907.

M. H. Vincent présente un avant-projet de règlement d'administration publique déterminant les conditions d'application, à l'Algérie, de la loi du 15 février 1902, sur la protection de la santé publique. — **M. E. Boinet** a reconnu que l'athérome aortique ne présente pas d'antagonisme morbide avec la tuberculose pulmonaire; que la phtisie des athéromateux est, en général, torpide, latente et doit être recherchée de parti pris; que la fréquence relative et les dangers de cette forme de la tuberculose trop souvent ignorée réclament des mesures prophylactiques habituellement négligées. — **M. H. Duret** présente une observation de branchiome malin du cou avec tumeur du médiastin. — **M. R. Blanchard** décrit un cas remarquable de mélanhydrose chez un enfant de treize ans, caractérisée par la présence, sous chacun des yeux, d'un demi-disque d'un noir profond et brillant. Le lavage enlève en totalité cet enduit noir, qui se reproduit spontanément au bout d'un certain temps. Ce dépôt noir est d'origine sudorale, la sueur tenant en solution une substance chromogène incolore qui, au contact de l'air, se précipite sous forme de poudre noire insoluble. — **M. E. Delorme** déduit de l'examen des causes des épidémies dans les casernes que ces épidémies ne peuvent servir à apprécier la valeur hygiénique de ces habitats collectifs; la caserne ne fait que refléter l'état sanitaire de la ville de garnison. Le milieu urbain a la plus grande part, comme la principale responsabilité, dans l'apparition et la dissémination des épidémies de fièvres éruptives ou de fièvre typhoïde qui sévissent dans les casernes. La tuberculose, en général, ne fait qu'apparaître à la caserne : le jeune soldat la porte en germe avant son incorporation; la contagion y est exceptionnelle, contrairement à ce qui existe dans d'autres milieux. L'extension des fièvres éruptives, celle des maladies des organes respiratoires impose, avant tout, le desserrement du casernement.

Séance du 24 Décembre 1907.

L'Académie procède au renouvellement de son Bureau pour l'année 1908. **M. Bucquoy** devient de droit président; **M. Léon Labbé** est nommé vice-président; **M. Troisier** est maintenu secrétaire annuel. — **MM. H. Duret et Ledouble** sont élus Associés nationaux.

M. Ch. Fernet a reconnu que, dans la mortalité des hôpitaux et hospices, la part de la syphilis acquise ressortit à 2,25 °/₀ (2,74 °/₀ pour les hommes et 1,6 °/₀

Digitized by Google

pour la femme); dans les asiles d'aliénés, la proportion est d'environ 40 °/₀. La syphilis héréditaire cause 5,15 °/₀ des avortements, 18,21 °/₀ des décès de prématurés et mort-nés et 10,48 °/₀ des décès des nourrissons de 0 à 2 ans. — **M. Lannelongue** montre que les coxa-tuberculeux guérissent presque tous lorsque le traitement est institué de bonne heure; l'unique traitement actif consiste dans les injections extra et intra-articulaires avec le mélange huile-éther-iodoforme-créosote, auxquelles on associe le repos et la pratique de l'extension continue.

Séance du 31 Décembre 1907.

MM. A. Poncet et **R. Leriche** déduisent, de l'examen du dernier testament de J.-J. Rousseau découvert récemment à Neuchâtel, que la maladie dont souffrit toute sa vie l'illustre philosophe et qui hâta sa mort était un rétrécissement de l'urètre. — **M. H. Hallopeau** signale l'action atténuante, retardante et peut-être abortive exercée sur la syphilis par des injections systématiquement localisées et réitérées d'atoxyl faites au début de cette maladie. — **M. le Dr Lagrange** lit un Mémoire sur la cicatrice filtrante dans la cure du glaucome, et une variété de cette cicatrice, après la sclérectomie et l'iridectomie combinées.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 Décembre 1907.

MM. Cl. Regaud et **G. Dubreuil** confirment que la röntgénisation des testicules, assez modérée pour ne causer qu'une radiodermite superficielle et passagère, détermine la stérilité du lapin. — **M. M. Cohendy** a constaté que les microbes de la flore intestinale, surtout les anaérobies, se multiplient vite et abondamment dans le bouillon de macération des organes intestinaux. — **MM. J. E. Abelous** et **E. Bardier** montrent que les chlorates alcalins doivent être considérés comme de puissants modérateurs cardiaques; leur action paraît due à une excitation du noyau modérateur cardiaque bulbaire. — **MM. Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont observé dans le sang des Vertébrés ovipares des éléments semblables aux hématoblastes des Mammifères. — **M. G. Bohn** signale un affaiblissement progressif du phototropisme après les excitations mécaniques, lié au retour progressif de l'animal à l'état d'immobilité. — **M. A. Mayer** a reconnu trois stades dans la coagulation du plasma sanguin : 1° apparition de granules ultramicroscopiques; 2° arrangement en files de granules accolés; 3° arrangement de ces files en réseaux. — **M. Ed. Retterer** a constaté que l'irritation chronique des téguments provoque l'hypertrophie de tous les éléments de la cellule épidermique. Elle détermine, de plus, la production d'un cytoplasma nouveau périnucléaire, qui, comme l'ancien, se différencie en appareil réticulaire et hyaloplasma. — **Mlle L. Kalaboukoff** et **M. E. F. Terroine** montrent que l'ovo-lécithine n'exerce pas de modifications sur la vitesse d'action des ferments suivants : lipases pancréatique, gastrique et intestinale, trypsine, amylase et lab pancréatiques. — **MM. M. Garnier** et **L. G. Simon** ont observé qu'une irritation intestinale légère, jointe à un affaiblissement général de l'organisme chez le lapin, permet l'infection du sang par les microbes intestinaux. — **M. A. Lécaillon** montre que les soins donnés à leur progéniture par les Araignées sont aussi indispensables à celle-ci que la couvaison pour les Oiseaux et l'allaitement pour les Mammifères. — **M. A. Javal** a reconnu que l'hyperalbuminose du sérum sanguin est un phénomène fréquent au cours des néphrites et des cardiopathies. — **MM. A. Chauffard** et **N. Fiessinger** ont constaté que l'hématie granuleuse, dans les ictères hémolytiques, n'est qu'une conséquence de l'anémie hémolytique. — **MM. A. Statinéano** et **P. Galesesco** déduisent de leurs expériences que l'emploi de l'atoxyl en injections intra-musculaires représente une médication sûre dans les formes tierces simples de la malaria. — **M. G. Rebière** a observé que dans l'Ag colloïdal électrique tout le métal est attaquable par KCAz, tandis que dans l'Ag colloïdal chimique une partie du métal y est insoluble. — **MM. H. Labbé** et **G. Vitry** ont reconnu que le régime lacté paraît impuissant à faire disparaître l'indoxylurie dite d'origine intestinale; il joue, au contraire, le rôle d'une source d'indoxyle. — **M. J. Salmon** estime que, dans le système musculaire des ectroméliens, on se trouve en présence de particularités morphologiques analogues d'emblée à des variations fonctionnelles héréditairement fixées. — **MM. G. Péju** et **H. Rajat** ont étudié la structure du bacille de la tuberculose humaine dans les milieux salins; on voit de grands filaments, ramifiés souvent et parfois renflés, d'apparence mycélienne. — **MM. M. Tiffeneau** et **A. Marie** montrent que, dans la neutralisation de la toxine tétanique par le chlorhydrate de bétaïne et par la névrine, il s'agit uniquement d'une action neutralisante exercée par un acide et une base forts. — **MM. G. Guillain** et **A. Gy** ont reconnu que les tabacs dits dénicotinisés sont, chez les animaux, un peu moins toxiques que les tabacs normaux; mais leur toxicité n'est pas du tout nulle. — **MM. Ch. Dhéré** et **G. Prigent** décrivent une méthode pour l'observation des effets de l'excitation chimique des terminaisons cutanées des nerfs sensitifs. — **M. M. Nicloux** indique un mode de dosage de petites quantités de chlorure d'éthyle pur par l'analyse eudiométrique. — **MM. L. Camus** et **M. Nicloux** ont dosé le chlorure d'éthyle dans le sang, après extraction par le vide au moyen de la pompe à mercure, par l'analyse eudiométrique. — **M. H. Vincent** montre que le pouvoir antitoxique de la bile est dévolu à presque tous ses constituants, mais surtout à la cholestérine et aux savons biliaires.

Séance du 21 Décembre 1907.

M. H. Hallopeau a expérimenté le sérum de Quéry dans le traitement de la syphilis; il produit des améliorations notables, et son emploi doit être recommandé en l'associant aux autres médications connues. — **MM. M. Doyon, Cl. Gautier** et **A. Policard** ont observé certaines modifications du foie après la défibrination totale du sang chez le chien. — **MM. M. Doyon** et **Cl. Gautier** signalent l'existence, dans le sérum normal, d'un élément spécial, probablement d'origine hépatique, nécessaire à la formation du caillot. — **MM. G. Dubreuil** et **Cl. Regaud** décrivent les modifications de l'épithélium séminal et de l'épididyme chez les lapins dont les testicules ont été soumis à l'action des rayons de Röntgen. — **MM. Ch. Dhéré** et **G. Prigent** montrent que, dans l'excitation chimique des terminaisons cutanées des nerfs sensitifs par les chlorures alcalins, le temps de réaction va croissant dans l'ordre : Rb, K, AzH^4, Cs, Na, Li. — **M. L.-C. Maillard** a constaté que la mélanhydrose peut s'expliquer chimiquement par l'oxydation à l'air d'un chromogène incolore et soluble en une matière noire parfaitement insoluble. — **MM. L.-C. Maillard** et **H. Danlos** signalent qu'ils étudient depuis une année la préparation et les propriétés physiologiques et thérapeutiques du soufre colloïdal. — **MM. A. Debeyre** et **O. Riche** ont rencontré une formation surrénalienne encapsulée dans l'ovaire d'une petite fille de quatre ans. — **MM. H. Rajat** et **G. Péju** étudient le mécanisme du polymorphisme des bactéries par les agents chimiques; en ce qui concerne le bacille de Koch, celui-ci paraît remonter vers un champignon inférieur, dont il dériverait. — **M. W. Mestrezat** a observé que les salives parotidienne et sous-maxillaire pures ont toujours un pouvoir saccharifiant marqué sur l'empois d'amidon; on peut isoler de ces salives une substance soluble dans l'eau, présentant les caractères des ptyalines. — **M. C. Gerber** montre que, contrairement aux résultats de Lörcher, PO^4K^2H est, comme PO^4Na^2H, retardateur à toute dose de la coagulation du lait de vache par le lab-ferment. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** estiment que la séro-

Digitized by Google

réaction de la syphilis et de la paralysie générale n'est pas due à l'intervention d'anticorps ou d'antigènes syphilitiques, mais à la présence, dans le sérum et dans le liquide céphalo-rachidien, de certains composés non protéiques à l'état colloïdal qui, en présence des lipoïdes du foie et des sels biliaires, précipitent et déterminent la fixation du complément hémolytique. — **M. G. Seillière** a reconnu que la réaction rouge violacé des pentoses avec la phloroglucine devient stable et dure plusieurs heures en milieu fortement acétique. — **M. H. Iscovesco** a observé que la lécithine précipite par le fer colloïdal en donnant un complexe qui a des propriétés spéciales au point de vue solubilité. — **M. L. Lapicque** montre qu'une diminution du poids de l'encéphale concomitante à la diminution du poids du corps paraît être de règle dans les espèces animales quand on passe du sexe masculin au sexe féminin ; c'est le cas, en particulier, chez le rat et le moineau. — **MM. B. Weill-Hallé** et **H. Lemaire** ont constaté que l'antisérum de lapins traités par des injections de sérum de cheval et qui ne contient plus de ce sérum, présente des propriétés hypersensibilisantes transmissibles à un autre organisme d'espèce identique ou différente. — **MM. A. Railliet** et **A. Henry** ont observé des variations étendues dans les caractères des Strongles de l'appareil respiratoire des Mammifères, qui les conduisent à y distinguer trois groupements génériques. — **MM. L. Camus** et **M. Nicloux** ont reconnu que la dose anesthésique de chlorure d'éthyle dans le sang peut varier, suivant les conditions, de 30 à 80 mgr. pour 100 cc. de sang; la dose mortelle est différente pour le cœur et pour le bulbe. — **M. G. Bohn** montre que, chez les animaux qui présentent un phototropisme positif, toute variation négative de l'éclairement *tend* à produire le changement du signe du phototropisme; chez les animaux qui présentent un photoiropisme négatif, c'est une variation positive qui a le même effet. — **M. Kolbé** indique un procédé de contrôle, par la radioscopie sur le vivant, du sondage de l'estomac à l'état normal et pathologique. — **M. G. Malfitano** et **Mlle E. Lazarus** ont constaté que la concentration de la peptone et des matières qui l'accompagnent dans les milieux de culture a une influence directe sur l'activité protéolytique des bactéridies.

M. J. Camus est élu membre titulaire de la Société.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 3 Décembre 1907.

M. C. Sauvageau a observé, dans le bassin d'Arcachon, deux espèces de *Fucus*, le *F. spiralis* et le *F. vesiculosus*, qui vivent sur le sable et y fructifient parfaitement, et un *Fucus* qui vit dans la vase, le *F. lutarius*. — **M. J. Sellier** a reconnu que le suc digestif pur des Crustacés, tel qu'il est recueilli dans l'estomac, contient un agent protéolytique, vraisemblablement de nature tryptique. Le suc digestif des Céphalopodes, recueilli dans le cæcum, a une action présurante et protéolytique. — **M. Ch. Pérez** montre que les muscles de l'aile chez les Muscides, par leur constitution syncytiale, persistant jusqu'à l'état adulte, sont très différents des autres muscles de l'insecte. — **J. Bergonié** présente un sphygmomanomètre clinique pour l'humérale. — **M. Lafite-Dupont** a constaté que les sons rythmés ne sont pas perçus par les poissons, mais que ces animaux sont sensibles aux sensations de bruit et de trépidations, sauf les poissons cartilagineux qui y paraissent indifférents. — **M. A. Auché** signale le dédoublement d'une des bandes du spectre des solutions d'urobiline zincique par l'addition d'acide. — Le même auteur propose une nouvelle méthode pour rechercher et séparer l'urobiline de son chromogène; elle repose sur l'utilisation du thymol comme agent d'extraction de l'urobiline dans des liquides très légèrement, mais très franchement acides. — **MM. J. Sabrazès** et **Ch. Lafon** décrivent une nouvelle forme de granulome de la lèvre à « mastzellen » et à éosinophiles chez un cheval. — **MM. L. Tribondeau** et **P. Lafargue** ont constaté que la röntgénisation de l'œil détermine, chez les animaux nouveau-nés, une cataracte entraînant la cécité ; par contre, le cristallin adulte est réfractaire, à l'état normal, aux rayons X. — **M. J. Chaine** montre que les causes de l'insertion du digastrique de quelques Mammifères sur l'hyoïde sont de nature purement mécanique. — **M. J. Kunstler** signale quelques faits qui démontrent une extraordinaire vitalité chez la chevèche.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 19 Novembre 1907.

M. C. Gerber a observé trois phases dans l'action du phosphate neutre de sodium sur la coagulation du lait de vache par les présures végétales : une première purement retardatrice, une deuxième d'abord accélératrice, puis retardatrice, une troisième purement accélératrice. Le phosphate neutre de potassium exerce une action analogue.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Décembre 1907.

M. J. Hadamard : *Sur l'interprétation théorique des raies spectrales.* Le phénomène des raies spectrales présente une analogie indéniable avec beaucoup d'autres phénomènes vibratoires connus (sons propres d'un tuyau sonore, d'une corde, etc.), mais avec une différence importante : *les harmoniques successifs sont en nombre infini pour une fréquence finie.* Les raies spectrales vont en se condensant indéfiniment dans le voisinage de certaines longueurs d'ondes particulières *différentes de zéro.* L'étude mathématique d'une circonstance de cette nature était à peu près impossible tant qu'on ne disposait pas de méthodes analytiques générales et simples pour la recherche des harmoniques. Aujourd'hui, cette lacune est comblée par la méthode de M. Fredholm. Ce savant a formé directement l'équation qui a pour racines les valeurs de λ pour tout phénomène régi par une équation de la forme[1] :

$$(1) \qquad \varphi(M) + \lambda S \varphi(M') K(M, M') \, d\tau_{M'} = 0.$$

Or, toutes les vibrations harmoniques étudiées mathématiquement jusqu'ici dépendent d'équations intégrales de la forme (1); plus précisément, en général, de la forme :

$$(1') \qquad \varphi(a, b, c) = \lambda \int\int\int G\begin{pmatrix} a, b, c \\ x, y, z \end{pmatrix} \varphi(x, y, z) \, dx\, dy\, dz,$$

G étant une fonction donnée de a, b, c, x, y, z, et l'égalité devant avoir lieu quelle que soit la position du point (a, b, c) dans le domaine $\mathfrak{R}$ donné. De plus, λ est proportionnel aux fréquences. Il en résulte que celles-ci (dans les phénomènes ainsi régis) *ne peuvent pas être distribuées comme celles qui correspondent aux raies spectrales.* Un nombre fini d'entre elles seulement peut être inférieur à une limite donnée quelconque. Les raies spectrales doivent donc être régies par des équations intégrales de forme notablement différente, se distinguant des précédentes par la manière dont la fréquence y intervient. Des systèmes mécaniques conduisant à de telles équations intégrales ont été formés par M. Ritz, puis, sous une forme plus simple, par M. Fredholm. L'hypothèse de M. Fredholm consiste à admettre que deux molécules exercent l'une sur l'autre une action proportionnelle à la différence

[1] M est un point quelconque d'une certaine multiplicité (ligne, surface, volume) $\mathfrak{R}$; S, un signe d'intégration étendue à la variation d'un point M' sur toute la multiplicité $\mathfrak{R}$; $d\tau_{M'}$ l'élément d'étendue de $\mathfrak{R}$; φ est une fonction inconnue de la position d'un point sur $\mathfrak{R}$, pendant que K(M, M') est une fonction donnée de la position de deux points M, M'.

Digitized by Google

de leurs écarts par rapport à leurs positions d'équilibre respectives. Dans ces conditions, on trouve une équation intégrale où la fréquence figure en facteur dans le coefficient, non du terme intégral [comme dans (1')], mais du terme fini. Les périodes propres peuvent alors être distribuées comme le sont, d'après les résultats expérimentaux, les raies spectrales. Rien ne prouve, bien entendu, que les forces véritablement agissantes soient du nouveau type imaginé par M. Fredholm. Ce qui est certain, c'est que la question de savoir si telle ou telle hypothèse peut expliquer la distribution des raies devra, à l'avenir, être jugée par l'examen de l'équation intégrale à laquelle cette hypothèse conduit. — **M. J. Blondin** : *La fixation de l'azote atmosphérique au moyen de l'électricité.* Les lecteurs de la *Revue* ont été tenus au courant de cette question. — **M. G. Claude** : *Sur l'énergie nécessaire à la séparation des mélanges gazeux.* M. G. Claude rappelle que, dans un travail publié en 1875, lord Rayleigh a montré la possibilité d'obtenir du travail par le mélange de deux gaz sans affinité réciproque, ce qui implique, contrairement à l'opinion courante, la nécessité de dépenser du travail pour résoudre un tel mélange en ses éléments. M. Claude donne de ce fait une démonstration dont les éléments lui ont été soumis par M. le Professeur Ostwald et qui repose sur la considération des parois semi-perméables. On retrouve aisément par cette démonstration l'expression remarquable de la loi de la séparation des mélanges gazeux, à savoir : que cette séparation nécessite un travail égal à la somme des travaux individuels de compression de chaque gaz, de sa pression partielle à la pression totale du mélange. On trouve ainsi que, dans le cas de l'air, l'obtention de 1 mètre cube d'oxygène à la pression atmosphérique coûte théoriquement 0,1 cheval-heure. Dans le cas du processus de séparation par voie de liquéfaction, M. Claude montre que la différence des points d'ébullition des éléments à séparer, qui est le gage de la séparation, est en même temps l'origine de la dépense d'énergie prévue par la théorie. Il y a lieu, cependant, de remarquer que, pour celle-ci, le travail de séparation est évidemment indépendant de la nature des gaz à séparer, tandis que, dans le processus par liquéfaction, il dépend essentiellement de la différence de ces gaz au point de vue de la liquéfaction. Si donc cette différence était faible, le cycle pourrait être parcouru moyennant une dépense d'énergie inférieure à celle que prévoit la théorie. Cette anomalie apparente provient de ce que, dans ce cas, le processus en question est impuissant à provoquer une séparation complète, la phase liquide et la phase vapeur correspondantes étant nécessairement identiques.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 21 Novembre 1907.

M. S. Pickering a observé que l'huile de paraffine, agitée avec des solutions de savon, de colle, d'amidon, d'albumine, forme une émulsion qui monte, comme la crème, à la surface de l'excès d'eau et contient de 65 à 82 °/₀ de l'huile en volume. Le pourcentage d'huile peut être élevé jusqu'à 99 °/₀, l'émulsion étant pratiquement solide. L'émulsification paraît dépendre de la séparation du liquide de très petites particules solides qui sont attirées par les globules d'huile et les entourent en prévenant la coalescence. Toute substance précipitée suffisamment fine peut agir comme agent d'émulsification. Les solides insuffisamment fins donnent lieu à des quasi-émulsions, où la dilution par l'eau sépare l'huile du solide, ce qui n'est pas le cas pour les vraies émulsions. — **MM. M.-O. Forster** et **H.-E. Fierz** ont préparé l'α et la β-naphtylazo-imides, F. 12° et F. 33°; elles ne donnent pas d'acide hydrazoïque par chauffage avec KOH alcoolique; mais certains de leurs dérivés nitrés en donnent. — Les mêmes auteurs ont préparé l'acide triazoacétique, $Az^3.CH^2.CO^2H$, en plaques lustrées, F. 16°; son amide fond à 58°. La triazoacétone, $Az^3:CH^2.CO.CH^3$, est une huile limpide, Eb. 54° sous 2 millimètres. — **MM. T. M. Lowry** et **E. H. Magson** ont obtenu des solutions labiles de nitrocamphre dans lesquelles la transformation isomérique est arrêtée en ajoutant un acide à des solutions de nitrocamphre dans le chloroforme; il se dégage une odeur de $COCl^2$ qui est, sans nul doute, la cause de l'arrêt de la transformation. — **M. H. G. Denham** a mesuré l'hydrolyse des solutions salines au moyen de l'électrode d'hydrogène. — **M. S. Pickering**, par l'addition d'alcalis en excès à des solutions de divers sulfates métalliques, a obtenu les sulfates basiques suivants : $5NiO.3SO^3$; $5NiO.2SO^3$; $5NiO.SO^3$; $4CuO.SO^3$; $4CoO.SO^3$; $4CdO.SO^3$; $5CuO.SO^3$; $5ZnO.SO^3$; $10CuO.SO^3$; $10FeO.SO^3$. — **M. S. Pickering** estime que la substance présente dans la bouillie bordelaise est un sulfate basique double de cuivre et de chaux, le plus probable étant $10CuO.SO^3.4CaO.SO^3$. L'action fungicide de la bouillie bordelaise semble dépendre de la libération du sulfate de cuivre normal par l'action de CO^2 sur le sulfate basique. — **MM. R. H. Pickard** et **W. O. Littlebury** séparent les alcools racémiques hydroaromatiques et terpéniques en les combinant à l'anhydrid phtalique ou succinique et en résolvant l'éther acide par la *l*-menthylamine ou une autre base fortement active. Le *l*-bornéol donne $[\alpha]_D = -37°,9$ en solution toluénique, le *d*-bornéol donne $[\alpha]_D = +37°,8$. Les isobornéols donnent $[\alpha]_D = \pm 34°,3$. — **MM. T. S. Price** et **D. F. Twiss** ont préparé les disulfures par électrolyse des thiosulfates alkyliques; l'anion qui se forme à la cathode est réduit suivant l'équation $2R.S^2O^{3'} + 2H = R^2S^2 + 2HSO^{3'}$. Le meilleur rendement est obtenu en solution concentrée, avec une faible densité de courant. — **MM. T. S. Patterson** et **D. Thomson** ont étudié l'influence des dérivés halogénés aliphatiques employés comme solvants sur la rotation optique du tartrate d'éthyle; il y a, en général, diminution. — **MM. H. R. Ellis** et **W. H. Collier** ont constaté que le sulfate de cuivre peut oxyder le sulfate ferreux en solution après addition d'ammoniaque; l'oxydation du fer est complète et rapide à froid quand on a $10AzH^4OH.CuSO^4$ pour 0,5 $FeSO^4$. — **M. Ed. Divers** critique les expériences récentes de Ray et Ganguli sur la décomposition des hyponitrites mercureux et argentique par la chaleur et estime que leurs conclusions ne sauraient être admises parce qu'ils ont opéré sur des produits insuffisamment purifiés.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 30 Octobre 1907.

M. L. Archbutt a analysé douze échantillons d'huile d'olive algérienne authentique. Il n'a trouvé aucune trace d'acide arachidique ou lignocérique; l'indice d'iode de ces huiles variait de 80,2 à 94,7.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 28 Octobre 1907.

MM. H. G. Bennett et **C. D. Wilkinson** ont étudié les méthodes de détermination de l'acidité des liqueurs des fosses de tannage. Ils recommandent la méthode à l'eau de chaux de Procter. Ils ont aussi proposé la digestion avec l'oxyde de plomb, qui permet d'isoler, après filtration, les formiate, acétate et lactate de plomb basiques et de déterminer ensuite ces trois acides.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 2 30 JANVIER 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

L'essaim des Perséides. — Les Perséides ont été très nombreuses en 1907, et, dans nos régions, on a pu assister, pendant les nuits voisines du 11 août, à de véritables pluies d'étoiles filantes.

M. Denning a continué ses observations, comme les années précédentes, pendant de nombreuses nuits et il est arrivé aux conclusions suivantes :

On se contente généralement de surveiller le ciel vers le moment du maximum de l'essaim, qui a lieu pour les Perséides du 5 au 11 août; c'est une méthode défectueuse. On peut, en effet, connaître l'emplacement et la grandeur du gros de l'essaim, mais on n'est nullement renseigné sur la largeur totale du courant; ce serait pourtant une question fort intéressante à résoudre. Il faudrait, pour cela, fixer le début et la fin de l'averse.

Dans ce but, M. Denning a publié une liste des trajectoires apparentes des Perséides probables et possibles depuis l'année 1876. Les observations ont porté sur une longue période avant et après le gros de l'essaim. Les observations ont commencé le 7 juillet et se sont étendues jusqu'au 25 août inclusivement.

Il résulte de cette liste que les Perséides apparaissent souvent dès la seconde semaine de juillet; vers le 19 de ce mois, l'essaim est assez considérable pour permettre une bonne détermination du radiant.

Il serait du plus grand intérêt de connaître les observations des astronomes à ce sujet, d'autant que M. Denning conçoit encore quelques doutes sur l'extension de l'averse jusqu'au 25 août. Toutefois, il affirme avoir observé, le 20 août, des étoiles filantes appartenant sûrement aux Perséides. En somme, la Terre n'emploierait pas moins de 50 jours pour traverser ce courant. L'anneau des Perséides présenterait donc une largeur d'environ 130 millions de kilomètres.

Nous voilà loin des idées admises jusqu'ici. On s'imaginait volontiers un courant filiforme elliptique traversant l'orbite de la Terre. D'après les dernières théories de Schiaparelli, les étoiles filantes seraient des comètes désagrégées.

Cette théorie, qui cadre avec beaucoup de faits et qui a été appuyée de l'autorité des noms les plus illustres, n'est-elle pas trop générale et ne pourrait-on concevoir une autre cause à cette dispersion des météores sur une aussi vaste surface ?

On admet généralement aujourd'hui, suivant les cosmogonies récentes, que les petites planètes sont formées aux dépens de particules n'ayant pu s'agglomérer en forme d'anneau nébuleux, destiné, comme les autres, à former un corps unique. Jupiter aurait empêché, par sa masse imposante, l'agglomération des matériaux, et, en fait, les vides constatés dans l'anneau démontrent amplement la théorie.

Ne pourrait-on faire un rapprochement entre l'anneau des astéroïdes et celui des étoiles filantes ?

Autrefois, on expliquait la présence des petites planètes en supposant qu'elles dérivaient d'un corps unique qui s'était morcelé dans la suite. Ne sommes-nous pas dupes d'un même sophisme en admettant que les étoiles filantes proviennent toutes d'un même corps désagrégé : comète à orbite elliptique dispersée en particules infimes sous l'influence de l'attraction solaire ? Evidemment le Soleil a pu exercer une influence de ce genre sur plusieurs comètes, témoin la comète de Biéla; mais nous aurions tort de la généraliser. Il se peut très bien qu'il existe dans le système solaire des agglomérations considérables de matériaux n'ayant jamais pu former de comètes. Il suffirait, pour cela, de supposer qu'aucune de leurs particules n'a joué de rôle attractif prépondérant en raison d'une formation peu ancienne. La plupart des comètes doivent, en effet, être antérieures à la formation du Soleil, qui exerce maintenant sur leur noyau un effet dispersif. Si, au contraire, nous supposons un anneau très large de météores de formation plus récente, jamais nous ne pourrons supposer une agglomération systématique, et l'anneau restera indéfiniment voué à la dispersion.

C'est ce qui a probablement eu lieu pour l'essaim des Perséides et, à ce titre, les remarques de M. Denning sont excessivement intéressantes. Elles sont destinées à jeter un jour tout nouveau sur cette question encore très obscure.

Th. Moreux,
Directeur de l'Observatoire de Bourges.

Digitized by Google

Le nombre des étoiles variables. — C'est surtout à l'Observation de Harvard College que se sont, pour ainsi dire, localisées les études des étoiles variables. Miss Cannon, de cet Observatoire, vient de publier un second catalogue contenant toutes les particularités connues de 1.957 variables et renfermant toutes celles qu'on a trouvées dans les amas globulaires, exception faite des variables des nuées de Magellan. Ces dernières sont actuellement au nombre de 1.791, ce qui porte à 3.748 les variables connues.

On aura une idée du travail entrepris, si nous ajoutons que le premier catalogue paru sur ce sujet ne comprenait, en 1844, que 18 étoiles variables. Actuellement, sur les 3.748 du catalogue de Harvard, 2.909 ont été découvertes à l'Observatoire.

Il est juste d'ajouter que les astronomes de nos jours ont des moyens qu'ignoraient leurs devanciers. La photographie tend de plus en plus à se substituer aux procédés anciens. Il fallait se contenter autrefois d'observer directement chaque étoile et chercher la variation par comparaison avec des étoiles connues. Aujourd'hui, à Harvard College, on opère de la façon suivante : on superpose un négatif et le positif d'un négatif identique et plus ancien. On peut donc observer systématiquement l'ensemble du ciel, et il y a beaucoup de chances, avec un tel procédé, de ne laisser passer aucun astre variable sur l'ensemble des clichés.

§ 2. — Physique

Phénomènes présentés par les antennes communiquant avec les transformateurs de Tesla. — En reliant l'une des bornes du secondaire d'un transformateur de Tesla à un fil assez long et pas trop gros, se projetant librement dans l'air, l'on voit se produire sur toute la longueur de ce dernier des faisceaux lumineux magnifiques, dont les dimensions dépendent, entre autres, d'une capacité communiquant avec l'autre borne du transformateur.

Dans un récent Mémoire, M. W. Winter[1] décrit certains phénomènes remarquables qu'on observe avec ce dispositif :

Si, la seconde borne du secondaire étant reliée à la terre, la bobine de Tesla est actionnée (avec un courant de 4 volts, 2 ampères), l'électroscope prend une forte charge positive, due à une sonde disposée à environ 150 millimètres de l'antenne rayonnante. En rapprochant la sonde de l'antenne, on voit l'intensité de la charge s'accroître jusqu'à un maximum, qui se présente pour une distance, entre la sonde et le fil rayonnant, d'environ 70 millimètres. Pour les distances décroissantes, l'intensité de la charge diminue rapidement, et, après avoir passé par zéro, pour la distance de 35 millimètres, change de signe et se remet à croître jusqu'à un maximum correspondant à la distance de 20 millimètres. Pour les distances encore plus petites, il se produit des étincelles passant entre l'antenne et la sonde ; la charge de l'électroscope est, dans ce cas, ou nulle ou incertaine.

Or, en isolant la dérivation du second pôle du secondaire, l'on constate, pour une distance, entre l'antenne et la sonde, d'environ 50 millimètres, une charge de l'électroscope constamment négative. Pour des distances décroissantes, la charge diminue jusqu'à zéro (la distance étant d'environ 17 millimètres), pour ensuite changer de signe.

L'antenne rayonnante est, on le voit, entourée de deux régions donnant simultanément, dans certaines circonstances, des charges opposées à deux électroscopes, régions dont l'une est extérieure à l'autre, avec une zone non chargeante intermédiaire, et dont l'ordre par rapport à l'antenne est changé en reliant à la terre la borne isolée du secondaire du transformateur.

Ces recherches ont été continuées par la méthode des figures de Lichtenberg, laquelle a donné les résultats suivants :

Les antennes rayonnantes, en relation avec l'une des bornes d'un transformateur de Tesla, sont entourées de quatre régions cylindriques, se distinguant par un caractère électrique opposé par paires voisines, et qui changent d'ordre par paires si l'autre borne du secondaire est reliée à la terre, l'ordre initial I, II, III, IV devenant II, I, IV, III.

Ces résultats semblent indiquer que l'influence des ions sur les sondes dépend essentiellement de la vitesse des premiers. Or, comme les expériences de M. O. Lehmann font voir l'action aspirante exercée par les fils métalliques sur l'air électrisé, les sondes doivent attirer les ions passant à proximité. Une sonde plus rapprochée de l'antenne pourra attirer une quantité moindre des ions passant à grande vitesse que de ceux qui passent à une vitesse plus faible, de façon que la quantité d'électricité due aux ions rapides sera moins considérable que la quantité attribuée à la sonde par les ions se mouvant à une vitesse inférieure. Cette hypothèse est toutefois loin d'expliquer l'ensemble de ces intéressants phénomènes.

§ 3. — Électricité industrielle

L'application de l'incinération des ordures ménagères à la production de l'énergie électrique. — M. Dettmar, secrétaire général de l'Association allemande des Electriciens, vient de faire, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, une étude très complète et très intéressante sur l'application de l'incinération des ordures ménagères à la production de l'énergie électrique.

Ces ordures étaient autrefois employées comme engrais par les agriculteurs, qui en débarrassaient les villes ; mais, outre que l'emploi du tout-à-l'égout a diminué notablement la valeur des ordures au point de vue de l'amendement des terres, la production économique des engrais artificiels fait actuellement employer ces derniers engrais d'une façon presque exclusive.

Les municipalités sont donc obligées de faire enlever à leurs frais les ordures ménagères et de les faire transporter à de grandes distances, non seulement pour avoir des terrains à bon marché, mais encore pour sauvegarder l'hygiène publique.

On a utilisé diverses méthodes pour l'enlèvement et le traitement de ces ordures. Un des systèmes employés, appelé *système de la division en trois*, consistait à les diviser en trois catégories : 1° les résidus des aliments et des liquides ; 2° les cendres et ordures ménagères ; 3° les papiers et chiffons. Dans certaines villes, on employait à cet effet trois boîtes : la première partie servait à la nutrition des animaux, la deuxième à des terrassements, et la troisième à des usages industriels. Les difficultés d'application et des considérations d'hygiène ont fait renoncer à ce système.

On a cherché aussi à employer les ordures ménagères à la fabrication de briquettes et à les gazéifier ; mais jusqu'ici ces méthodes ne sont pas sorties du domaine des essais théoriques. Quant à l'incinération, elle a donné lieu, en Angleterre, à des applications déjà anciennes, applications qui commencent à être prises en considération et à être mises en œuvre dans les autres pays.

Actuellement, ces installations sont en activité dans cent soixante villes anglaises, et la moitié à peu près est utilisée pour la production d'énergie. Les deux tiers de ces dernières installations produisent de l'énergie électrique, et les autres utilisent la chaleur dégagée par l'incinération pour la production d'eau chaude ou de vapeur nécessaires à des établissements de bains ou à des buanderies.

La question de la destruction des boues dans les villes est étroitement liée à celle de l'utilisation des ordures ménagères. En débarrassant suffisamment d'eau ces boues, de façon que la proportion d'eau ne dépasse

[1] *Physikalische Zeitschrift*, n° 22, 1907.

Digitized by Google

pas 60 à 70 °/₀, on peut les incinérer sans absorber beaucoup de chaleur, et, quand la proportion est encore au-dessous, elles peuvent concourir à la production de la chaleur. On peut donc les incinérer en même temps que les ordures ménagères.

Comme il a été constaté que, pendant l'été, les ordures ont une puissance plus élevée que pendant l'hiver, on peut, dans le cas d'une installation productrice d'énergie électrique et afin d'avoir une charge uniforme, dessécher les boues et les employer sous forme de briquettes pendant l'hiver pour que leur pouvoir calorifique s'ajoute à celui des ordures, qui est alors faible.

M. Dettmar donne, dans son étude, des détails très précis sur la quantité d'ordures et de boues produites dans les villes allemandes et sur leur pouvoir calorifique.

Ce pouvoir calorifique est très différent suivant les villes, et il varie de 800 à 2.500 calories par kilogramme; quand il atteint 1.400 à 1.500 calories, la combustion peut se faire sans addition de charbon et donne de bons résultats. Si le pouvoir calorifique est faible, on ajoute 2 à 5 °/₀ de charbon. En hiver, ce pouvoir est de 20 °/₀ inférieur à celui de l'été.

D'après les statistiques qui ont été établies, le poids d'ordures ménagères recueillies par jour et par tête d'habitant serait de 0 kil. 5. La proportion est moins forte en été qu'en hiver, et, si l'on tient compte des ordures de la rue, dont le volume oscille dans les villes allemandes entre 0,015 et 0,025 c. c. par mètre carré, cette différence peut atteindre 40 °/₀. A Hambourg, le poids annuel des ordures de la rue varie entre 750 et 1.100 kilogs par mètre cube.

Sur la totalité du poids des ordures incinérées, la proportion des mâchefers et des cendres est de 25 à 56 °/₀ suivant les villes: la moyenne est de 40 °/₀. Ces mâchefers et ces cendres sont employés à divers usages, tels que la fabrication de pierres artificielles et de mortiers, l'empierrage des voies, etc. Aussi, leur valeur atteint-elle jusqu'à 2 francs le mètre cube en Allemagne et 3 francs en Angleterre.

On a pu constater que cette incinération des boues et des ordures ménagères ne répandait à l'extérieur aucune odeur, ce qui permet d'établir les usines près des villes et de n'avoir que des prix de transport très réduits.

M. Dettmar, dans sa série d'articles, décrit avec détail les installations de diverses usines, telles que celles de Zürich, de Brünn, de Wiesbaden et de Benthem. A Brünn et à Zürich, ce sont des fours à grilles qui fonctionnent, tandis qu'à Benthem et à Wiesbaden on emploie un sytème plus nouveau, celui du Dr Dürr, de Charlottenburg, système dont les fours fonctionnent comme de hauts-fourneaux et ne sont pas munis de grilles.

A Wiesbaden, l'installation se compose de six fours, pouvant incinérer chacun 18 tonnes d'ordures et se chargeant très rapidement à la partie supérieure par une disposition spéciale. L'arrivée de l'air dans les fours est assurée par des souffleries rotatives mues par des électromoteurs. La combustion des ordures est assurée par la haute température des fours, qui oscille entre 1.000 et 1.500°. La vapeur produite, surchauffée à 300°, est utilisée dans un turbo-générateur triphasé de 200 kilowatts, branché sur le réseau d'éclairage, et l'on arrive ainsi à produire une énergie de 52 kilowatts-heure avec une tonne d'ordures. A Fiume, avec des fours à grilles du système allemand Herberts, le rendement est de 50 kilowatts par tonne incinérée; à Brünn, il n'est que de 32 kilowatts.

M. Dettmar conclut que l'énergie électrique produite par l'incinération des ordures ménagères et des boues peut être employée soit à actionner un chemin de fer métropolitain, soit à alimenter de force un service d'eau, soit à fournir à une ville la lumière et l'énergie motrice.

En ce qui concerne la traction, M. Dettmar considère que l'incinération des détritus peut fournir l'énergie suffisante pour ce service dans les villes de moins de 100.000 habitants et qu'elle peut, dans certains cas, y suffire dans les villes de 100 à 170.000 habitants. Lorsque la population dépasse ce chiffre, l'énergie ainsi produite atteindrait, d'après lui, 50 à 80 °/₀ de l'énergie nécessaire à la traction.

Quant au service des eaux, les petites villes emploient, pour en assurer le fonctionnement, la moitié ou les trois quarts de l'énergie produite par l'incinération; et dans les grandes villes, l'énergie est suffisante en moyenne.

Pour la lumière, on a pu établir que, dans des villes ayant une population de moins de 200.000 habitants, l'incinération pourra alimenter le réseau d'énergie suffisante pendant les périodes de moindre consommation, et qu'en tous cas, dans les grandes comme dans les petites villes, elle pourra fournir un appoint des plus sérieux, tout en débarrassant les habitations et les rues de détritus nuisibles et encombrants.

Des expériences des plus intéressantes ont été faites pour déterminer la quantité de vapeur que permet de produire un kilogramme de gadoue brûlée. A Brünn, on a pu établir que le taux d'évaporation était de 1 kilog d'eau à 0° par kilog. de combustible et que la vapeur ainsi produite avait une pression moyenne de 8 kil. 41 par centimètre carré.

Les résultats des autres installations ne diffèrent pas beaucoup de ceux qu'a donnés l'usine de Brünn. Ils ont permis de conclure que le rendement économique est des plus satisfaisants et que l'utilisation des ordures ménagères et des gadoues comme combustibles permet d'obtenir le kilowatt-heure à un prix de revient inférieur d'au moins 50 °/₀ à celui qui correspond à l'emploi du charbon.

§ 4. — Chimie industrielle

IIIe Congrès international du Pétrole. — Le IIIe Congrès international du Pétrole s'est tenu à Bucarest au mois de septembre dernier, et le succès qu'il a obtenu a dépassé toutes les prévisions. Placé sous le haut patronage du Prince Ferdinand de Roumanie, et présidé par M. Saligny, Président de l'Académie de Bucarest, Professeur à l'Ecole des Ponts-et-Chaussées, le Congrès réunissait des délégués officiels de toutes les nations, parmi lesquels nous citerons, pour la France : MM. Alexis Aron, Ingénieur des Mines, et Tassilly, Professeur agrégé à l'Ecole de Pharmacie de Paris.

Dans un discours d'inauguration, M. Carp, Ministre de l'Industrie et de l'Agriculture de Roumanie, a fait l'historique de l'industrie du pétrole dans son pays et donné un aperçu de la situation actuelle pétrolifère, aperçu que nous allons résumer ici :

A la fin de 1906, il y avait 451 sondes en œuvre et 591 puits. La production des sondes représente 92 °/₀ et celle des puits 8 °/₀ du total. La production mensuelle d'une sonde est, en moyenne, de 150,8 tonnes et celle d'un puits à main de 9,9.

Parmi les nombreuses raffineries de pétrole, les quatre plus importantes peuvent produire, à elles seules, la charge de 100.000 wagons de 10 tonnes par an. La force motrice est fournie par 384 chaudières, 538 moteurs à vapeur de 12.575 H. P et 159 moteurs électriques. Les réservoirs offrent une capacité totale de 101.533.370 litres. Le port de Constantza est aménagé spécialement pour l'exportation, qui, en 1906, a atteint le chiffre de 327.375 tonnes. Une excursion, consacrée à la visite de Constantza, a d'ailleurs permis aux congressistes de se rendre compte du développement du port.

Le Congrès était réparti en trois sections : 1° Géologie, Exploration, Exploitation; 2° Chimie et Technologie; 3° Législation et Commerce.

Nous ne pouvons énumérer les nombreuses communications faites au cours des séances. Disons, cependant, que la question capitale consistait dans l'unification des méthodes d'essai des pétroles bruts et raffinés. Après de nombreuses discussions, l'entente

Digitized by Google

n'a pu s'établir complètement à ce sujet, les groupes français et allemand ayant présenté des Rapports contradictoires sur divers points.

On a cependant adopté une classification des propriétés physiques et chimiques du pétrole en propriétés principales et propriétés secondaires. Par exemple, les huiles de graissage pourront être caractérisées de la manière suivante :

Propriétés physiques.	principales.	Inflammabilité. Viscosité. Congélation.
	secondaires.	Densité. Entraînement par la vapeur d'eau.
Propriétés chimiques.	principales.	Acidité. Recherche : des matières saponifiables. de l'huile de résine. de l'eau. des matières étrangères.
	secondaires.	% en asphalte. Natron Test.

La spécification des méthodes d'essai a pu être établie sur quelques points seulement, et une Commission internationale a été nommée pour continuer l'étude de cette importante réforme. La France est représentée dans cette commission par MM. Guiselin, Tassilly et Desvignes.

Le siège du secrétariat général a été fixé à Carlsruhe, où une réunion de la Commission doit avoir lieu au commencement de cette année. Il y a donc tout lieu d'espérer que l'unification des méthodes d'essai pourra être enfin réalisée au prochain Congrès du Pétrole, qui doit avoir lieu, en 1910, à Lemberg (Galicie).

On se rend compte de tout l'intérêt que présentait la réunion du troisième Congrès international en Roumanie, dans un tel centre de production. Aussi les excursions ont-elles été une des principales attractions du séjour. Admirablement organisées par le Comité roumain, elles ont été suivies avec empressement par un grand nombre de délégués.

Signalons, en particulier, l'excursion de trois jours faite dans la vallée de la Prahova, au cours de laquelle les congressistes visitèrent la raffinerie « Aurora », les chantiers de Baïcoï, Tsintea, Recea, Doftanitsa, Boushtenari, Gaïtsa, — où l'on put observer une sonde en éruption, — la raffinerie de la Steaua Românà, à Campina, d'une production d'environ cent vingt wagons par jour, et dont les procédés de distillation continue et discontinue, admirablement installés, ont été très remarqués ; les chantiers et les ateliers de la Société Regatul Roman, — où l'on vit également l'éruption d'une sonde, — ainsi que l'usine électrique qui fournit le courant aux sondes de Campina et de Boushtenari. A Moreni, où sont établis de nombreux chantiers, M. le Professeur Mrazec fournit des explications sur la géologie de la région, et les congressistes examinèrent avec intérêt les profils de sondage, les échantillons de terrains et de pétrole réunis dans un musée qui provoqua l'admiration générale.

Enfin, pour accroître encore l'intérêt des travaux, une exposition — à laquelle les étrangers ont participé dans une large mesure — réunissait, à côté du Congrès, tout ce qui a trait à l'industrie pétrolifère : échantillons, outils, machines, appareils, reliefs, cartes, diagrammes, statistiques, etc.

Disons, en terminant, que l'hospitalité roumaine a été aussi cordiale que fastueuse. En quelque endroit que ce fût, à Bucarest comme au cours des visites d'études, rien n'avait été épargné pour rendre agréable aux étrangers un séjour qui leur a paru trop court et dont ils emportent tous le meilleur souvenir.

E. Tassilly,
Professeur agrégé à l'École de Pharmacie,
Délégué du Ministre du Commerce
au Congrès de Bucarest.

§ 5. — Océanographie

Sauts de température de l'eau de mer. — De récentes observations avaient fait voir que le courant d'eau froide du Labrador se superpose en une étroite bande triangulaire sur l'eau chaude du Gulf-Stream au sud du Banc de Terre-Neuve. Comme, cependant, les déterminations scientifiques jusqu'ici faites au sujet de cet intéressant phénomène étaient bornées à des observations relevées à quatre heures d'intervalle, les sauts de température constatés se répartissaient sur des époques assez longues, alors qu'en réalité ils pouvaient très bien se produire instantanément.

Or, M. G. Reingardt, 4e officier et observateur à bord du vapeur *Kronprinz Wilhelm* du *Norddeutscher Lloyd*, vient de faire dans ces parages une série d'observations très intéressantes à quinze minutes d'intervalle, correspondant à peu près à 5 1/2 nœuds de distance. Ces observations donnent, pour la première fois, l'occasion d'établir l'allure réelle de ces variations de température de l'eau de mer. Les résultats de ces recherches ont été résumés dans la carte mensuelle de l'Atlantique septentrional publiée par l'Observatoire Nautique de Hambourg pour le mois de septembre 1907.

Les observations ont été faites pendant la course est-ouest entre le 12 et le 15 mai. Les conditions ordinaires, suivant lesquelles la température de l'eau serait un peu supérieure à celle de l'air, ne se retrouvent qu'à la fin du 12 et au courant du 13 mai, bien qu'il existe des oscillations nombreuses même à cette époque. Pendant la matinée du 12 mai, la température de l'air et celle de l'eau se sont élevées, par un vent austral, jusqu'à 17°, pour retomber rapidement à 5 ou 6° par un vent venant du nord-ouest. Cette décroissance de température de l'air et de l'eau, loin d'être due au vent, était produite par l'entrée dans la région de l'eau froide qui avait lieu à cette époque. Par un vent qui, en passant par l'ouest, tournait lentement vers le midi, la température de l'air a augmenté continuellement pendant la journée du 13 mai, et, à environ 6 heures de l'après-midi de ce jour, a suivi en partie le saut de température soudain de l'eau, dans l'une et l'autre direction. Le 14 mai, à l'approche de la côte, cette température, sous l'influence de l'eau froide côtière, a subi une chute rapide, après quoi elle a suivi la courbe de température de l'eau, tout en se maintenant un peu plus élevée.

Le résumé graphique de ces observations fait voir clairement la position géographique de ces bandes d'eau froide et, d'une façon générale, les fortes variations de la température de l'eau qui ont eu lieu pendant le voyage. On reconnaît sans peine que le saut le plus frappant correspond à 62°,5 et le second en intensité à 48° de longitude ouest. Près du bateau-phare de Nantucket-Shoal, on a observé dans l'eau profonde la température de 5°,7, minimum absolu dans les environs duquel la température se maintient très basse.

Pendant la traversée est-ouest du vaisseau, la température de l'eau à l'approche de la pointe sud du grand Banc de Terre-Neuve est tombée instantanément de 17 à 8°, après quoi elle s'est remise à croître lentement. A une distance à peu près égale de la pointe sud du Banc en direction occidentale, l'on a constaté un maximum de température à 15°. La température de l'eau s'est ensuite maintenue, avec des fluctations peu considérables, au voisinage de 15° jusqu'à 62° de longitude ouest, où l'on a observé une chute soudaine et un accroissement considérable tout aussi rapide. A 25 nœuds de distance seulement, c'est-à-dire à la distance traversée par le vapeur express pendant une heure, on a constaté un saut de température de 6°, 8 à 21°,3, c'est-à-dire de 14°,5. Après avoir traversé le maximum de 21°,3 à 62°35′ de longitude ouest, la température, à l'approche de la limite de 200 mètres et du courant froid de la côte, est tombée lentement d'abord, puis rapidement, de façon à

Digitized by Google

atteindre le minimum de 5°,7 au voisinage du bateau-phare de Nantucket-Shoal. Immédiatement sur la côte, la température de l'eau est tombée lentement, montrant par là que le courant d'eau froide au voisinage de la côte, venant du détroit de Cabot, est le plus fort et le plus froid à environ 50 à 80 nœuds de distance de la terre.

Le fait le plus frappant démontré par ces observations est l'existence d'une région d'eau froide étroite, mais bien marquée, sous 62° de longitude. Entre 48 et 52° de longitude ouest, les vaisseaux rencontrent presque toujours de l'eau froide, bien que la position exacte des bandes froides diffère quelque peu suivant la saison et les conditions du vent et de la glace; la décroissance de température (ou le *cold wall*) au voisinage immédiat de la côte est également un phénomène connu depuis longtemps. L'observation d'une chute de température à 62° est, au contraire, presque nouvelle, bien qu'on en trouve une légère indication dans une carte publiée par les *Annalen der Hydrographie* en 1906 : quant à savoir si cette eau froide provient du Golfe du Saint-Laurent, s'écoulant vers le sud et le sud-ouest, ou bien de la côte orientale de Terre-Neuve, doublant la pointe méridionale de cette île pour se rendre vers l'ouest (auquel cas cette eau serait d'origine Atlantique), il est impossible actuellement de rien établir de précis à ce sujet. Il serait sans doute intéressant, pour approfondir les conditions de température, de faire des observations pareilles, espacées d'un quart d'heure, pendant une époque plus prolongée. Il n'est pas impossible que ces résultats facilitent les déterminations de la position géographique et la navigation pendant les brouillards. Un hydrographe danois, M. M. Knudsen, vient même de signaler la possibilité d'utiliser dans ces parages les analyses du taux de sel pour déterminer la position du navire. **Alfred Gradenwitz.**

§ 6. — Physiologie

Observation directe des hématoblastes dans le plasma sanguin. — L'attention des physiologistes vient d'être de nouveau appelée sur les hématoblastes par les belles recherches de MM. Pagniez et Le Sourd, sur le rôle que jouent ces éléments dans la rétraction du caillot sanguin, dont le résumé a été donné précédemment dans la *Revue générale des Sciences* (n° du 15 novembre 1907).

Ces hématoblastes, ou plaquettes sanguines, sont des éléments normaux du sang et non pas des produits de destruction ou d'expulsion des globules rouges ou blancs, comme l'ont prétendu plusieurs observateurs. Bizzozero en a démontré, en effet, l'existence dans le sang circulant sur l'animal vivant, par l'examen microscopique de la circulation dans des membranes minces transparentes.

Dans la plupart des recherches, par contre, les observateurs ont examiné du sang extrait des vaisseaux, et dans ces conditions, tantôt ils n'ont pas vu d'hématoblastes, tantot ils ne les ont vus que déformés : c'est ainsi que MM. Pagniez et Le Sourd ont vu des hématoblastes anguleux rétractés et munis de prolongements assez différents de ceux qu'a vus Bizzozero dans le sang des vaisseaux.

MM. Achard et Aynaud viennent de décrire, dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie* du 7 décembre 1907, un procédé permettant d'observer facilement les hématoblastes non altérés.

Leurs observations ont porté sur les sangs de chien, de chat, de lapin et de cobaye, et tout particulièrement d'âne. Le sang était recueilli et manipulé au contact de la paraffine; les examens étaient faits sur une lamelle huilée, en goutte pendante, dans la chambre humide. Le sang d'âne est le sang de choix pour une telle étude, parce qu'il est relativement peu coagulable et se sédimente rapidement sans qu'il soit besoin de le centrifuger.

Une goutte de plasma, examinée dans ces conditions, montre l'intégrité absolue des rares hématies et des rares leucocytes qui s'y trouvent encore. Dans leur intervalle, on aperçoit une quantité considérable de petits éléments ayant environ 2 μ ou 3 μ, ovulaires ou allongés comme les plaquettes décrites par Bizzozero, parfaitement réguliers. Ils sont fortement réfringents et entourés d'un halo clair.

Si l'on prolonge l'observation, ou rapidement en cas de faute de technique, on les voit changer de forme, se raccourcir, devenir anguleux et s'agglutiner, puis se détruire.

L'existence d'hématoblastes dans le plasma, en dehors de toute altération des autres éléments du sang, leur absence dans le sérum, leur peu de résistance aux agents physiques et chimiques, la constance de leur forme, leur altération dans le sang précédant celle des hématies et celle des leucocytes, leur destruction par le sérum antihématoblastique de MM. Pagniez et Le Sourd sans destruction des hématies et des leucocytes, toutes ces raisons démontrent nettement l'indépendance des hématoblastes.

L'inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes. — Les enregistrements graphiques des palpitations du cœur sont d'une grande importance pour le diagnostic des maladies du cœur et

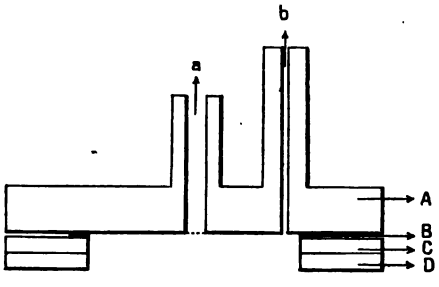


Fig. 1. — *Appareil pour l'inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes.* — A, plaque de laiton; B, membrane et anneau de papier; C, anneau de laiton; D, anneau de caoutchouc; *a*, tube à gaz; *b*, tube allant au gazomètre d'acétylène.

pour les recherches de Psychologie expérimentale. Une intéressante méthode, consistant à inscrire l'allure des courants électriques produits par le fonctionnement du cœur, a été indiquée récemment par le Professeur Einthoven, tandis que d'autres expérimentateurs se sont servis d'un microphone dont les modifications étaient inscrites graphiquement au moyen de méthodes plus ou moins compliquées.

Or, le Professeur Karl Marbe[1], à Francfort, faisait voir, il y a quelque temps, que la fréquence des flammes de König est enregistrée d'une façon très précise en faisant passer à travers leur partie supérieure une bande de papier, où l'enveloppe lumineuse de la flamme laissera une empreinte elliptique noire, à chaque oscillation de cette dernière.

Dans ces expériences, la bande de papier se déroule d'un cylindre à un autre, en passant par un rouleau-guide sous lequel la flamme est disposée. Cette méthode permet de déterminer d'une façon très précise la fréquence de la flamme de König, et en même temps fournit des données relatives à l'amplitude de l'oscillation, qui, en général, est d'autant plus grande que le petit axe des ellipses est plus long.

M. Marbe vient d'utiliser cette même méthode pour enregistrer les battements du cœur au moyen de l'appareil représenté dans la figure 1.

Un disque en laiton A de 6 millimètres d'épaisseur est percé de deux trous de 3 millimètres et de 0,5 milli-

[1] Voir la *Revue* du 15 octobre 1906, p. 842.

Digitized by Google

mètre de diamètre respectivement ; deux raccords appliqués à ces trous *a* et *b* servent à fixer des tubes de caoutchouc. Le côté inférieur poli du disque de laiton est fermé par une membrane de caoutchouc extrêmement mince, sur laquelle on a fixé un anneau de carton B ; la membrane est appliquée immédiatement contre le disque métallique, étant maintenue en place par un anneau de laiton C à trois vis. En dessous de cet anneau de laiton, se trouve un anneau de caoutchouc D de même dimension. Le tube de caoutchouc attaché à *b* mène vers un gazomètre rempli d'acétylène et l'autre tube de caoutchouc vers un bec de gaz d'un diamètre d'environ 0,5 millimètre.

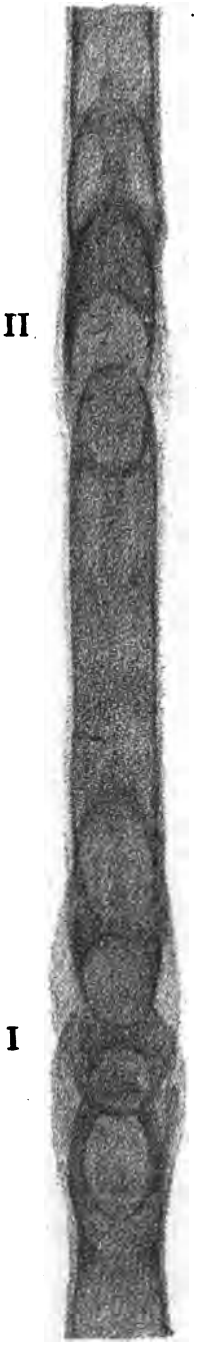


Fig. 2. — *Inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes.*

Le gaz pénétrant dans ce bec y produit une flamme de König d'une remarquable sensibilité ; si l'anneau de caoutchouc de l'appareil est appliqué contre la poitrine du malade, de façon à assurer une fermeture étanche à l'air, les anneaux de suie laissés par la flamme pourront être considérés comme inscription graphique du battement du cœur. Le malade sera placé de préférence en position horizontale, la membrane étant appliquée en dessus du troisième espace intercostal. L'enregistrement reproduit dans la figure 2 fait voir la différence bien connue d'intervalle qui existe entre les premier et second sons cardiaques d'une part et les second et premier de l'autre.

On simplifie ultérieurement cet appareil en supprimant la membrane et en l'appliquant immédiatement contre le corps humain, de façon à y produire une fermeture étanche au gaz ; la peau humaine, semble-t-il, joue alors le rôle de membrane.

L'auteur étudie en ce moment l'application possible de cette méthode aux recherches d'ordre psychologique.

§ 7. — Géographie et Colonisation

Mission Gruvel pour l'étude et l'organisation des pêcheries de Mauritanie. — M. A. Gruvel, maître de conférences de Zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux, qui, à la suite de sa Mission de 1905, a été chargé, en août 1906, par M. le Gouverneur général Roume, d'une Mission permanente pour l'étude et l'organisation des pêcheries de l'Afrique occidentale française, s'est embarqué à Bordeaux le 3 janvier pour une campagne de quatre à cinq mois en Mauritanie. L'exploitation des pêcheries de cette région a pris déjà une très rapide extension, et le but du nouveau voyage de M. Gruvel est de chercher les moyens de procurer à cette industrie des facilités plus grandes.

Le chef de la Mission est accompagné d'un géologue, M. René Chudeau, bien connu par son audacieuse traversée du Sahara, du lieutenant d'infanterie coloniale Gouspy, de deux commis des affaires indigènes, MM. Mère et Vaudel, et d'un maître-pêcheur ; l'escorte comprend 30 méharistes et 35 tirailleurs sénégalais. L'aviso le *Goéland* rejoindra la Mission sur divers points de la côte pour la ravitailler et recueillir les collections faites.

La Mission doit explorer toute la côte saharienne de Saint-Louis au cap Blanc. Elle traversera le pays trarza par Biakh, Khroufa, Nouakchott, puis le Tafouelli jusqu'au cap Mirik, l'Agneitir, en visitant les îles de Tidre et d'Arguin, le Tasiast et le Souehel-el-Abiod ; elle remontera dans le Tiris et redescendra la côte dans la presqu'île du cap Blanc pour atteindre Port-Etienne, dans la baie du Lévrier, le nouveau centre des pêcheries du cap Blanc, créé dans la baie du Cansado et auquel le nom de l'éminent homme d'Etat a été donné par un arrêté du gouverneur général en date du 15 août 1907. La route que suivra la Mission à partir de Nouakchott sera à peu près celle que parcourut le capitaine H. Vincent en 1860 ; mais celui-ci passa très vite dans ces régions, en sorte que le pays est encore tout à étudier au point de vue scientifique et économique.

M. Gruvel se propose de faire une étude scientifique, industrielle et commerciale de toutes les salines échelonnées le long de la côte, en particulier dans le Trarza et le Tafouelli, et de rechercher quelles sont celles qui pourraient fournir commodément, au voisinage des lieux de pêche, le sel nécessaire à la conservation du poisson. La Mission visitera les stations de pêche maures, étudiera l'histoire naturelle des pays traversés au point de vue de la Zoologie, de la Botanique, de la Géologie et de la Minéralogie, et déterminera les ressources naturelles de tout ordre que ces contrées peuvent offrir.

Enfin, la Mission Gruvel se mettra en rapport avec les Maures du Tagant et de l'Adrar pour essayer d'attirer vers Port-Etienne leurs caravanes, qui vont actuellement commercer au Rio de Oro, à Mogador, à Marrakech. Dans ce but, elle devra chercher à établir des relations amicales avec les chefs maures, et, pour l'aider dans ses négociations, elle se fera accompagner par l'un des fils de Saad-Bou, chef religieux influent de la région trarza, dévoué à la France, bien qu'il soit le frère du fameux sorcier Ma-el-Aïnin, qui, par ses prédications, a été l'un des principaux instigateurs des agitations dirigées contre nous au Maroc et en Mauritanie.

Gustave Regelsperger.

§ 8. — Sciences diverses.

La Science à l'Exposition franco-britannique de 1908. — Nous avons indiqué, dans notre numéro du 30 décembre 1907, que, grâce à l'initiative de la *British Science Guilde*, une section entièrement réservée à la Science pure a été créée, à l'Exposition franco-britannique qui s'organise à Londres, et que les savants anglais se proposent d'y participer avec éclat.

Notre confrère londonien *Nature* nous apprend que Sir Normann Lockyer a attiré l'attention de notre Ministre de l'Instruction publique sur l'intérêt, pour la science française, de prendre également part à cette manifestation. Celui-ci en a référé à l'Académie des Sciences, et il y a tout lieu d'espérer que la question recevra prochainement une solution satisfaisante.

Digitized by Google

THÉORIE GÉNÉRIQUE ET EXPÉRIMENTALE DES TURBINES A VAPEUR ET A GAZ

DEUXIÈME PARTIE : THÉORIE EXPÉRIMENTALE

La théorie générique des turbines à vapeur et à gaz, que nous avons exposée dans un premier article[1], repose sur un certain nombre de fictions, et elle s'applique à des appareils parfaits, dans l'étude desquels on néglige de parti pris de faire état de déchets divers, qu'on sait pourtant être inévitables : la simplification des calculs qui résulte de cette manière d'agir permet d'établir des formules générales, dont nous avons constaté l'utilité, puisqu'elles nous ont permis de faire des comparaisons entre les différents types et de définir les conditions des meilleurs rendements.

La théorie expérimentale a pour objet, au contraire, de s'appuyer sur des phénomènes réels, dont l'expérience a déterminé les lois, et de tenir compte de toutes les pertes, quelle que soit leur origine et leur nature. Cette théorie est donc plus vraie et plus complète que la première. Il y a là deux points de vue qu'il ne faut pas confondre, parce qu'ils sont distincts; nous les développerons séparément, autant que cela sera possible.

I

Pour établir la théorie expérimentale, on peut procéder par analyse ou par synthèse.

Dans la première méthode, on observe les phénomènes par le détail, et on les soumet individuellement à un examen patient, aboutissant à des mesures : on réussit ainsi à formuler des considérations plus vraies, mais on risque de n'être pas complet.

Commençons par les détentes dans les tuyères; nous avons admis qu'elles étaient adiabatiques, donc sans perte ni gain de chaleur, et de plus sans frottements; il est évident que les choses ne se passent pas de la sorte, et que les vitesses calculées ne peuvent être rigoureusement exactes. Des expériences sont donc nécessaires; elles ont été entreprises par de nombreux savants, parmi lesquels nous citerons : MM. Stodola, Lewicki, Minary et Resal, Parenty, Büchner, Delaporte et Rateau. Arrêtons un instant notre attention sur les recherches plus récentes de ce dernier.

[1] Voir la *Revue gén. des Sciences* du 15 janvier 1908, t. XIX, p. 19 et suiv.

Ce savant et habile ingénieur, dont les études ont tant contribué au progrès et au développement des turbines à vapeur, s'est appliqué à mesurer les vitesses d'écoulement de la vapeur à travers des tuyères de formes diverses, droites et courbes, de section, de profil et de longueur donnés, dans les conditions les plus variées de température, de pression et de titre; le jet était condensé dans un courant d'eau froide, à l'aide d'un éjecto-condenseur; on en relevait le débit, en même temps que les pressions et les températures de la vapeur et de l'eau en tous points. Les résultats de nombreux essais ont conduit à l'établissement d'une formule empirique très simple, donnant le débit P_s en grammes de vapeur par seconde et par centimètre carré de la section minimum de l'ajutage[1]. Cette formule est la suivante :

$$P_s = 15{,}42\, p_1^{0{,}977}.$$

La pression p_1 est celle d'amont; dans le col de la tuyère, la pression p_m est égale à $0{,}58\, p_1$; en ce point, la vitesse est indépendante du rapport de détente; c'est pourquoi la formule n'exprime pas la valeur de la pression d'aval, qui n'influe pas sur P_s. Cela est vrai à la condition, déjà signalée ci-dessus, que l'on ait $p_2 < 0{,}58\, p_1$ et que la tuyère soit convergente-divergente.

M. Rateau a évalué avec un soin tout particulier le titre de la vapeur; on trouverait, en effet, des débits trop forts, si l'on ne tenait pas compte rigoureusement de l'eau entraînée. Mais ces déterminations de titre sont délicates; M. Lewicki les a évitées en donnant à la vapeur une légère surchauffe, strictement suffisante pour assurer la siccité parfaite de la vapeur.

Connaissant le débit, la section de l'ajutage et le poids spécifique de la vapeur, on calcule la vitesse d'écoulement réelle w'.

M. Rateau a constaté que cette vitesse réelle n'est guère inférieure à la valeur théorique calculée, ce qui semble provenir de ce que le travail de frottement se transforme en chaleur, et qu'une partie de celle-ci contribue de nouveau à la production de l'énergie cinétique.

[1] Les travaux de M. Rateau, qui ont paru dans la *Revue des Mines* et dans la *Revue de Mécanique*, ont été résumés par l'auteur dans un Mémoire présenté au Congrès de 1900, à Paris, et publié au tome III, p. 100 et suiv.

Digitized by Google

M. Delaporte a évalué directement les pertes d'énergie dans les tuyères par la mesure de la pression exercée par la veine à la sortie de l'ajutage, laquelle est proportionnelle à la masse et à la vitesse réellement possédée par le fluide; il opérait en détendant à l'air libre[1]. Avec une tuyère de 50 millimètres de longueur, la perte d'énergie n'a été que de 5,2 °/₀. Elle est donc moindre que d'aucuns ne le pensaient.

M. Stodola a confirmé ces résultats et il s'est élevé contre l'opinion pessimiste qui attribuait à l'écoulement par tuyères des pertes d'énergie considérables, sous la réserve toutefois que les pressions d'amont et d'aval restent constantes[2]. En effet, l'expérience montre que, si la pression d'amont augmente brusquement, il se produit des chocs violents; si celle d'amont baisse, au contraire, on constate qu'il naît des ondes vibratoires sonores; ce double effet absorbe de l'énergie. Mais, sous un régime constant de pression, on observe que, dans les courtes tuyères, les pertes d'énergie restent comprises entre 5 et 8 °/₀, alors que, dans les ajutages de 100 à 150 millimètres de longueur et 6 à 8 millimètres de diamètre au col, elles varient de 10 à 15 °/₀. Ce chiffre est considéré comme un maximum pratique, et on l'adopte généralement dans les calculs de turbines.

C'est une perte d'énergie qu'il ne faut pas confondre avec la diminution de la vitesse, par rapport à la valeur théorique, laquelle est beaucoup moindre que la diminution d'énergie; en effet, pour une perte de vitesse de w à w', il y a une perte d'énergie égale à $\frac{w^2 - w'^2}{2g}$ par kilog de vapeur dépensée. Ainsi, pour une pression absolue d'amont de 11 kil. 5 et d'aval de 0 kil. 2, la vitesse tombe de sa valeur théorique de 1.112 à 1.054 mètres par seconde; la perte d'énergie correspondante est d'environ 10 °/₀, alors que la perte de vitesse n'était que de 5 °/₀. Celle-ci peut, en général, être considérée comme la moitié de la première, dans les conditions habituelles du fonctionnement des turbines.

La vapeur surchauffée s'écoule avec une vitesse plus grande que la vapeur saturée, toutes choses égales d'ailleurs; une forte surchauffe peut procurer un accroissement de 6 °/₀. C'est conforme à la théorie.

L'écoulement des gaz a été l'objet de remarquables études, parmi lesquelles il faut signaler celles de Hirn et du capitaine Hugoniot, dont l'objet était, l est vrai, essentiellement théorique; M. Zeuner a, d'autre part, envisagé la question plus pratiquement. Mais ces travaux ne peuvent être considérés que comme une entrée en matière, pour ce qui est du profit qu'en peut retirer la théorie des turbines à gaz : en effet, ce qu'il nous importe de connaître, c'est la loi réelle de la détente des gaz brûlés pris à très haute température, et fournis par la combustion de vapeurs carburées ou de gaz combustibles. Cette loi est la première et la principale inconnue du problème : elle nous intéresse non seulement par la valeur de w, résultante de la valeur de l'exposant γ, mais encore par celle de la température T_s du gaz détendu; nous calculons, en effet, le rendement par w, et le souci de la conservation des organes nous intéresse grandement à la connaissance de T_s. La valeur de γ change avec les températures, suivant des lois que nous soupçonnons seulement; elle diminue quand la température s'élève; or, plus sa valeur se rapproche de l'unité, plus aussi diminue l'effet utile; par contre, la détente abaisse moins la température des gaz. Mais dans quelle proportion se produisent ces effets? L'expérience seule peut nous le dire. Jusqu'ici, on n'a encore presque rien fait dans cette voie; on suppose que γ est au moins égal à 1,25 aux températures élevées que l'on considère, et que w' ne diffère pas sensiblement des valeurs calculées en prenant l'exposant qui convient, c'est-à-dire que les frottements sont peu sensibles.

L'énergie disponible, sous forme cinétique, au sortir de la tuyère, est égale à $\frac{w'^2}{2g}$.

Le fluide passe ensuite, en vertu de la vitesse acquise, dans les aubages de la roue, et il y engendre un couple moteur en utilisant l'énergie disponible. La théorie générique a établi des calculs intéressants sur les hypothèses que nous avons admises : il nous reste maintenant à les discuter.

On avait supposé, en particulier, une entrée tangentielle et une absence de chocs, de mouvements tourbillonnaires et vibratoires et de frottements qui ne se réalisent point : c'est encore à l'expérience qu'il appartient de se prononcer sur l'importance des pertes qui peuvent en résulter.

M. Stodola[1] a opéré sur des aubages maintenus par un dynamomètre à ressort; M. Rateau a employé une sorte de balance qui lui permettait de mesurer la poussée exercée sur des palettes dans des conditions définies, analogues à celles d'une turbine à action. En réalité, on mesure ainsi une poussée statique, différente de la poussée dynamique exercée sur un aubage en mouvement; de plus, on n'éprouve pas l'influence perturbatrice du rétrécissement con-

[1] Delaporte : Etude générale du rendement des nouvelles turbines de Laval. *Revue de Mécanique*, 1902.

[2] Stodola : *Loc. cit.*, p. 61 et suiv. Le savant professeur est formel sur ce point : « L'opinion suivant laquelle l'écoulement de la vapeur dans une tuyère est accompagné de pertes d'énergie considérables est fausse », p. 68.

[1] Stodola : *Loc. cit.*, p. 107.

Digitized by Google

tinuel des aubages qui se présentent successivement devant la tuyère. Il est donc difficile de conclure de ces expériences à la réalité des faits qui se passent dans une turbine : néanmoins, on a pu recueillir des données intéressantes. Ces résultats, qui dépendent à la fois des tuyères ou canaux directeurs et des aubages de la roue, sont extrêmement complexes, et M. Stodola prend acte des observations qu'il a faites pour conseiller aux constructeurs de chercher avant tout à se rendre compte des particularités de l'écoulement du fluide à travers la turbine ; il semble, en effet, que tout est là dans ces appareils. M. Rateau a découvert par ses expériences qu'il y a avantage à ne pas détendre entièrement la vapeur dans la tuyère et à garder un peu de pression, donc un peu de réaction. Cette observation a été confirmée par la pratique.

Les pertes d'énergie occasionnées par le frottement dans les aubages mobiles se traduisent, en dernière analyse, par une réduction de la vitesse du fluide ; cet effet dépend de nombreux facteurs, mais surtout du tracé des aubes, de leur développement, de leur courbure, de leur écartement ; il est plus marqué dans des aubes rugueuses et émoussées. On admet comme un fait d'expérience, établi surtout par des considérations *a posteriori*, que la vitesse de sortie du fluide hors des roues est une fraction assez constante de la vitesse relative d'entrée ; cette fraction oscille entre des valeurs extrêmes de 0,70 à 0,80. On connaît la vitesse absolue réelle de la vapeur à la sortie de la tuyère, l'angle de son axe avec le plan de la roue, la vitesse périphérique de celle-ci, ce qui permet de tracer le triangle des vitesses et de connaître la vitesse relative à l'entrée de la roue, soit c' ; à la sortie, la vitesse $c'' = zc'$; la perte d'énergie par frottement est dès lors égale à $\frac{c'^2 - c''^2}{2g}$.

Le triangle des vitesses à la sortie donne la vitesse absolue réelle de l'échappement, w'' : le travail recueilli est, en somme, égal à :

$$\frac{w'^2}{2g} - \left(\frac{c'^2 - c''^2}{2g}\right) - \frac{w''^2}{2g},$$

pour une turbine d'action mono-roue.

Mais ces problèmes se compliquent, surtout pour les roues multiples, du fait de phénomènes secondaires dont l'expérience seule peut faire apprécier les effets. Il est bien vrai que les frottements, les chocs et les remous dans la roue occasionnent des pertes d'énergie ; mais ils engendrent, par contre, des réchauffements qui sont à porter à l'actif du moteur ; il se produit de la sorte certaines récupérations (comme dans les tuyères), dont on aurait tort de négliger le bénéfice ; prenons, pour exemple du fait, le cas d'une turbine à action et à chutes de pression. La théorie suppose que la vitesse absolue à la sortie de chaque roue est perdue, aussi bien pour les roues disposées par échelons que pour la dernière de la série ; or, cette perte donne lieu, en réalité, dans les échelons à une transformation d'énergie cinétique en chaleur, c'est-à-dire à une réutilisation qui vient améliorer le rendement. Celui-ci est donc meilleur de ce chef que ne l'indiquent les formules précédentes : mais, si l'on entrevoit les conséquences du phénomène, on est loin de pouvoir les calculer avec quelque exactitude.

Certaines méthodes particulières, des procédés graphiques, et surtout l'emploi des diagrammes entropiques ont permis de serrer la réalité de plus près ; nous ne pouvons que signaler ces artifices, dont l'exposé nous entraînerait trop loin[1] ; constatons seulement que ce sont des artifices.

Les pertes nettes d'énergie qui se produisent dans les tuyères et dans les aubages mobiles, ainsi qu'à la sortie des roues, appartiennent à la catégorie des pertes que l'on a appelées *internes*. Si l'on en fait la somme, et qu'on retranche celle-ci du travail disponible, calculé par la théorie générique, on obtient une différence qui représente l'énergie que la roue peut transformer en travail : elle peut être comparée à l'énergie que le piston actualise dans les machines alternatives.

Quelques auteurs, se laissant guider par cette analogie lointaine, ont donné à ce travail le nom de *travail indiqué*, dont on pourrait discuter la convenance : ils ont été conduits ainsi à envisager le rendement indiqué, qu'on ne peut pas déterminer directement, mais seulement évaluer approximativement.

Nous emprunterons à un beau travail de M. Kopp[2] un certain nombre de chiffres qui préciseront les considérations générales que nous venons de résumer.

Soit une turbine de Laval, alimentée de vapeur à 11 kilogs absolus de pression, surchauffée à 300° ; la détente s'effectue dans la tuyère jusqu'à la pression du condenseur, égale à 0 kil. 2. En supposant une détente adiabatique, sans perte d'aucune sorte, la quantité de chaleur transformée en force vive serait égale, par kilog de vapeur, à 167,3 calories. La roue a une vitesse circonférentielle de 343 mètres, pour une vitesse absolue théorique de la vapeur de 1.088 mètres, par seconde ; l'axe de la tuyère fait un angle de 20° avec le plan de la roue ; l'angle du jet de la vapeur à l'échappement est de 30°. Le triangle des vitesses donne la vitesse absolue de la vapeur à la sortie de la roue, qui est de 350 mètres,

[1] Telles sont les méthodes de M. Banki, de M. Kopp, de M. Belluzzo, les abaques de M. Rateau et Prœll, etc.

[2] Kopp : Détermination des éléments des turbines à vapeur. *Revue de Mécanique*, 1905, t. XVI, p. 135.

Digitized by Google

et les valeurs de la vitesse relative de la vapeur à l'entrée et à la sortie des aubages mobiles, qui sont 790 et 592 mètres, d'où résulte une perte dans ces aubages égale à $\frac{c'^2 - c''^2}{2g}$. En fin de compte, on trouve qu'il se perd 15 °/₀ de l'énergie disponible par détente dans la tuyère, 19,7 °/₀ dans la roue et 14,7 par la force vive à l'échappement, soit en tout 43,5 °/₀.

Pour une turbine d'action à chutes de vitesse (Curtis ou Riedler-Stumpf), à trois échelons, abaissant respectivement la pression de 11 à 3 kilogs, de 3 à 0 kil. 5 et de 0 kil. 5 à 0 kil. 06, utilisant la même quantité de chaleur en se partageant le travail également, il y a perte de 15,9 dans les tuyères, de 16,9 dans les roues et de 11,2 à la sortie, soit au total 44 °/₀; mais il se produit une récupération de 5,6 °/₀ pour les causes énoncées ci-dessus, et l'ensemble des pertes se réduit à 38,4 °/₀.

Pour une multicellulaire Rateau, à chute de pression, comportant vingt et une roues, les pressions de la vapeur en amont et aval étant les mêmes que dans le cas précédent, la perte à la sortie n'est plus que de 1,8 °/₀ et le total des pertes est de 36,8 °/₀.

Dans une Parsons, qui est une multicellulaire à réaction, que nous supposons composée de 56 turbines partielles, le total des pertes atteint 33,4 °/₀.

Les rendements thermiques indiqués sont donc les suivants :

TURBINES	RENDEMENTS INDIQUÉS
Laval	56,5
Curtis	61,6
Rateau	63,2
Parsons	66,6

Il ne faut pas se méprendre sur ces chiffres, qui sont rapportés à l'énergie cinétique que produirait la détente adiabatique du fluide dans la tuyère, supposée sans frottements : c'est donc le rapport du travail effectué réellement dans la détente du kilog de vapeur (depuis l'entrée dans le distributeur jusqu'au condenseur) au travail que produirait cette même masse de vapeur dans une machine parfaite, utilisant intégralement toute l'énergie reçue. Le nom de rendement indiqué est remplacé quelquefois par celui de rendement thermodynamique, que nous préférons; c'est qu'en effet, le rendement n'est nullement *indiqué* par un appareil quelconque, comme il l'est dans la machine à vapeur ou le moteur à gaz par l'indicateur de Watt; dans la turbine, il est évalué de diverses manières, plus ou moins exactes, mais toujours indirectes. On s'efforce d'envisager les phénomènes dans leur réalité, mais l'étude qu'on en fait peut rarement être considérée comme absolument vraie, et elle ne saurait non plus prétendre être complète. M. Delaporte en a donné la preuve en découvrant ce qu'il a appelé[1] la perte C, c'est-à-dire une résistance produite par un certain trouble amené dans le régime de distribution de la vapeur dans une turbine de Laval, par le fait que les aubages ne sont traversés par de la vapeur active qu'à leur passage devant les tuyères ouvertes. Au moment où l'aubage sort du flux de vapeur, celle-ci continue son mouvement en vertu de sa vitesse acquise et elle crée derrière elle une dépression, qui appelle de la vapeur du milieu ambiant. Cette masse est entraînée par la roue, qui lui fournit à son détriment une énergie $1/2\ mu^2$, perdue pour le travail. Or, ce déchet, non soupçonné par M. Kopp, est loin d'être négligeable, attendu que M. Delaporte l'estime à 5,45 chevaux par ajutage dans le fonctionnement à air libre, et à 1,1 cheval, quand on marche à condensation, avec un vide de 65 centimètres.

D'autre part, il existe d'autres pertes internes, dont nous n'avons pas encore parlé : nous voulons dire celles qui proviennent des fuites de vapeur ou de chaleur.

Les fuites de vapeur peuvent être considérées comme pratiquement négligeables dans la monoroue; elles y sont théoriquement nulles. Elles ne le sont plus, ni théoriquement, ni pratiquement, dans les turbines à roues multiples, à échelons de vitesse ou de pression; mais elles deviennent surtout sensibles dans les turbines mixtes à réaction, du genre Parsons, où des fuites se produisent non seulement entre enveloppes et roues, mais encore entre tambour et directrice. Malgré la grande précision de la construction, la nécessité de permettre les dilatations empêche de réduire autant qu'on le voudrait le jeu aux joints[2].

Les fuites de chaleur par rayonnement et par conductibilité sont inévitables dans tout appareil dont la température est supérieure à celle du milieu ambiant; mais elles restent sans doute assez faibles dans les turbines, parce que leurs surfaces en contact avec l'extérieur sont peu développées et qu'une grande partie de l'appareil est à la température relativement basse du condenseur. Les pertes correspondantes doivent être néanmoins appréciables et il serait désirable que des expériences fussent entreprises pour en déterminer l'importance.

Il existe peut-être encore d'autres pertes internes dont on serait amené à tenir compte : en les additionnant, on constaterait certainement que les rendements de M. Kopp, donnés ci-dessus, sont cotés trop haut en général.

[1] Delaporte : Etude générale du rendement des nouvelles turbines de Laval. *Revue de Mécanique*, mai 1902.

[2] Dans la turbine Parsons, il se produit encore des fuites aux pistons compensateurs de la poussée axiale.

Digitized by Google

II

Le travail sur roues, autrement dit le travail indiqué, est nécessairement supérieur au travail immédiatement disponible sur l'arbre, qui est le travail effectif de la turbine. Pour passer du premier au second, il faut dresser le bilan d'un autre ordre de pertes, qu'on dénomme les pertes *externes*, par opposition aux précédentes. Ces pertes sont produites par les diverses résistances passives qu'il faut surmonter pour maintenir la machine à sa vitesse de régime; elles ont pour cause principale les frottements des roues et de leurs aubes dans le fluide moteur, qui remplit les chambres ou cellules dans lesquelles elles tournent, ainsi que les frottements de leurs tourillons dans les paliers. L'expérience seule peut les faire connaître.

M. Stodola[1] a conduit de nombreux et remarquables essais en vue de la détermination du travail consommé en frottements des disques et de ses palettes contre le fluide ambiant : il en résulte des pertes qui peuvent devenir plus considérables qu'on ne le croirait *a priori*. Les ingénieurs cherchent à en diminuer l'effet; d'autre part, il est nécessaire de pouvoir en calculer la valeur dans les circonstances variées de la pratique. M. Stodola a découvert que le travail résistant opposé par le fluide ambiant à la rotation d'un disque croît à peu près proportionnellement au cube du nombre de tours; il est, d'autre part, proportionnel à sa surface et au poids spécifique du fluide, de telle sorte que la perte d'énergie produite de ce chef est assez correctement représentée par la formule $kD^2u^3\delta$, dans laquelle k est un paramètre dépendant des conditions d'établissement de la turbine, de la forme du disque, de la manière dont il est enveloppé, du degré d'injection, etc.; D est le diamètre de la roue, pris au milieu des aubes, u la vitesse périphérique, mesurée sur D, et δ le poids en kilogs du mètre cube du fluide. Toutes choses égales d'ailleurs, le travail est un peu plus grand dans la vapeur saturée que dans l'air à la pression de l'atmosphère et à la même température; il est le même dans la vapeur surchauffée que dans l'air; il doit être beaucoup moindre dans des gaz brûlés très chauds que dans la vapeur surchauffée, et nous aurons à tenir compte de ce fait qui est en faveur des turbines à gaz.

Dans les turbines à roues multiples, à moindre vitesse périphérique u, la loi du cube constitue pour elles une condition avantageuse, et le travail résistant diminue malgré la multiplication des éléments : c'est un argument à retenir à l'actif des turbines à grand nombre de roues.

[1] Stodola : *Loc. cit.*, p. 173 et suiv.

Les frottements dans les tourillons constituent une autre perte externe qui dépend du nombre de révolutions, de la pression par centimètre carré sur les coussinets, de la température et de la nature du lubrifiant; les travaux de MM. Striebeck et Lasche ont fait connaître les valeurs du coefficient de frottement dans les conditions habituelles et ils permettent de calculer les pertes de travail correspondantes.

Dans la turbine de Laval, il y a lieu encore de tenir compte des frottements dans les engrenages de réduction de vitesse; dans les turbines Parsons, une poussée axiale qu'il faut compenser entraîne un autre genre de résistances passives; enfin, l'influence des balourds se fait aussi sentir. L'expérience seule peut prononcer sur l'importance de ces diverses pertes externes : pour la commodité des calculs, on admet souvent qu'elles sont proportionnelles à la puissance effective du moteur.

L'évaluation totale des travaux perdus, des divers chefs ci-dessus, conduit à la détermination du rendement organique. Si nous appelons $\mathcal{P}$ la puissance effective du moteur, F le travail de frottement de la roue dans le fluide et n le coefficient fractionnaire par lequel il faut multiplier $\mathcal{P}$ pour évaluer les résistances passives diverses, nous aurons :

$$\rho = \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P} + F + n\mathcal{P}} = \frac{\mathcal{P}}{(n+1)\mathcal{P} + F}.$$

Ce rendement ρ a été calculé par de nombreux ingénieurs; M. Delaporte a trouvé, pour une turbine Laval de 100 chevaux, n égal à 0,0125 et F égal à 10 chevaux, d'où $\rho = 0{,}932$. M. Kopp prend pour n le nombre 0,02 et pour F 8,1 chevaux, ce qui donnerait un rendement de 0,943.

Le même auteur évalue à 0,80 le rendement d'une Curtis à 0,90 celui d'une Rateau, à 21 roues, et enfin à 0,93 celui d'une Parsons à 56 roues, sans justifier entièrement ces appréciations, qui auraient pourtant besoin de l'être, car elles ne reposent que sur des probabilités. On ne peut les contrôler, car il n'existe aucun moyen direct de mesurer pour les turbines le rendement organique, c'est-à-dire le rapport entre la puissance aux roues et la puissance sur l'arbre. L'examen des résistances passives que nous venons de faire est, du reste, incomplet; nous n'avons pas fait le compte du travail perdu dans la commande des organes accessoires et en particulier des organes de régulation, non plus que de la puissance consommée par l'appareil de condensation et par la pompe à air et de circulation. Désignant ces puissances par $\mathcal{P}'$, nous aurons :

$$\rho = \frac{\mathcal{P}}{(n+1)\mathcal{P} + F + \mathcal{P}'}.$$

Nous verrons plus loin quelle est la valeur réelle de ce rendement organique.

Digitized by Google

III

L'exposé sommaire des travaux qui ont été entrepris suivant la méthode analytique, pour édifier une théorie expérimentale des turbines, montre qu'elle présente des analogies avec la méthode des pertes séparées, appliquée si heureusement par les électriciens pour étudier les machines génératrices d'électricité.

TABLEAU I. — *Résultat des expériences de M. Rateau sur une turbine à action mono-roue.*

NOMBRE de tuyères	PRESSION d'amont p_1	PRESSION d'aval p_2	NOMBRE de tours	KILOWATTS fournis	CONSOMMATION par kilow.-heure	RENDEMENT total
2	4k22	0k28	17.000	13,3	21k5	0,396
2	10,7	0,36	14.500	36,9	19,1	0,348
2	10,15	0,37	18.400	40,6	16,5	0,408
3	7,42	0,32	14.400	36,5	20,2	0,357
5	5,42	0,46	15.000	41,2	22,1	0,412
1	10,85	1,00	15.200	12,85	27,8	0,325
2	10,2	1,00	17.900	29,4	22,8	0,407
3	10,4	1,00	15.900	41,7	24,6	0,375

Mais nous avons fait ressortir la difficulté qu'on rencontre pour aboutir à une appréciation vraie des phénomènes et pour dresser une estimation complète des pertes : il resterait, d'ailleurs, bien des détails à préciser, et plusieurs facteurs nous échappent encore. Pour compléter cette étude, il faut adopter une autre méthode de travail.

Se plaçant donc à un point de vue plus synthétique qu'analytique, et aussi plus immédiatement pratique, les ingénieurs ont institué des expériences spéciales dans lesquelles ils ont cherché à totaliser les pertes séparées et à apprécier ainsi celles qui échappaient jusque-là à la théorie expérimentale. Ils ont déterminé quelles sont, dans les divers genres de turbines, les conditions qui procurent le meilleur rendement, c'est-à-dire la moindre consommation de calories par unité de puissance. Nous jugeons utile de décrire quelques-uns de ces essais et de signaler leurs résultats.

M. Rateau a employé une petite turbine d'expérience à action, mono-roue, conduisant une dynamo à courant continu, qui se prêtait à une mesure facile de la puissance utile développée par la machine. Le disque avait 30 centimètres de diamètre; la puissance normale était de 40 kilowatts, soit de 55 chevaux effectifs. On pouvait ouvrir un nombre plus ou moins grand de tuyères, tourner à des vitesses variables, et développer plus ou moins de travail. M. Rateau appelle rendement total le rapport de la puissance électrique aux bornes de la dynamo à la puissance théoriquement disponible dans la vapeur.

Le Tableau I est un extrait du tableau d'expériences publié par l'auteur de ces recherches.

Nombreuses sont les constatations utiles qui on été faites au cours de ce travail. Et d'abord, pour une même charge de la machine, il y a avantage à diminuer le nombre de tuyères : cela établit l'intérêt que présente la commande automatique des tuyères par le régulateur, ainsi que cela se fait dans la turbine de Laval. On observe de nouveau que le rendement est plus élevé lorsque la vapeur ne se détend pas entièrement dans la tuyère, c'est-à-dire quand il y a une légère réaction. Les grandes vitesses périphériques contribuent à améliorer le rendement, conformément aux conclusions de la théorie générique ; à 20.000 tours, ($u = 310^m$), on obtenait un rendement total de 0,440, qui correspond à un rendement de la turbine seule de 0,520.

TABLEAU II. — *Résultats des expériences de M. Delaporte sur une turbine de Laval.*

NOMBRE de tuyères	PRESSION d'amont p_1	PRESSION d'aval p_2	PUISSANCE en chevaux	PERTES en chevaux: frottement du disque	PERTES en chevaux: frottement des paliers	PERTES en chevaux: frottemt des engrenages	PERTE C	TRAVAIL sur le disque en chevaux	CONSOMMATION par cheval-heure: effectif	CONSOMMATION par cheval-heure: sur disque	CONSOMMATION par cheval-heure: théorique	RENDEMENT sur disque
6.	11k82	65cm2	162,0	9,00	2,5	1,6	1,0	176,1	6k875	6k325	3,89	0,615
7.	12,68	64,6	206,4	9,50	2,5	2,1	1,0	221,5	6,72	6,255	3,865	0,617
7.	12,45	64,6	202,9	9,50	2,5	2,0	1,0	217,9	6,72	6,255	3,88	0,620
7.	12,10	65,0	195,5	9,10	2,5	2,0	1,0	210,2	6,80	6,33	3,87	0,612
8.	10,72	63,8	197,5	10,2	2,5	2,0	1,1	213,3	6,90	6,395	4,045	0,633
8.	11,12	65,0	206,9	9,2	2,5	2,1	1,0	221,7	6,82	6,355	3,96	0,623

D'autres essais, faits par M. Rateau dans des conditions plus favorables, avec un vide de 69 centimètres, ont conduit à une consommation de vapeur de 7 kil. 4 sous 10 kilogs de pression par cheval-heure effectif : cela fait 4.891 calories. A échappement libre, la consommation montait à 13 kil. 2, soit à 8.725 calories. L'avantage de la condensation est considérable et conforme encore à ce que faisait prévoir la théorie générique.

Digitized by Google

M. Delaporte a entrepris de son côté une série d'essais sur une turbine de Laval de 200 chevaux, qui l'ont conduit à des déterminations extrêmement intéressantes au point de vue pratique; nous recueillons le Tableau II dans les résultats obtenus.

M. Delaporte a fait ressortir la constance remarquable, en charge variable, non seulement de la consommation unitaire effective, mais encore de la consommation sur disque. Le rendement organique total, en marche à condensation, a paru être de 0,93 à pleine charge, en ne tenant toutefois pas compte du travail de la pompe à air du condenseur; il tomba à 0,78 quand on laissa échapper la vapeur à l'air libre: cette grande différence constitue pour ce fonctionnement une grave infériorité pratique.

La comparaison de la consommation effective avec la consommation théorique montre que, dans la turbine étudiée, le rendement total était d'environ 57 °/₀; mais on trouve souvent 60, et ce chiffre peut être retenu pour les turbines de Laval.

M. Sosnowski a présenté au Congrès de Liége[1] un travail substantiel dans lequel il a réuni un grand nombre de résultats d'essais effectués sur des turbines de Laval, dans les conditions les plus diverses: une machine de 300 chevaux a fourni le cheval-heure effectif par 5 kil. 32 de vapeur sous 15 kilogs de pression, surchauffée à 247°; la résistance de la roue, dans un vide de 0,36 atmosphère, a diminué de moitié avec cette surchauffe; la surchauffe a augmenté notablement le travail disponible, par suite de l'accroissement d'énergie du jet, malgré l'accroissement de la perte par choc à l'entrée de la roue.

Les turbines Parsons ont aussi été l'objet de longues séries d'essais, effectués chez les constructeurs ou dans les stations centrales qui ont le plus contribué à les établir dans la situation exceptionnelle qu'elles occupent; leurs résultats ont été rapprochés par M. Vanotti, ingénieur de la Société Brown-Boveri; il apprécie ainsi qu'il suit la répartition des pertes dans ces machines :

Pertes par la décharge	5 à 8 %
— par fuites de vapeur aux roues	4 à 8
— — — aux pistons compensateurs	3 à 6
— par frottements dans les distributeurs.	10 à 15
— — dans les roues	10 à 15

Si l'on ne considère que les résistances passives mécaniques, le rendement organique varie de 90 à 96 °/₀, condenseur non compris, suivant les puissances; on a signalé des rendements totaux de 63, voire même de 65 °/₀, pour de puissantes unités.

M. Vanotti n'estime qu'à 1 ou 2 °/₀ les pertes occasionnées par les fluctuations de pression, mais il paraît n'avoir observé que des variations lentes; ses chiffres devraient sans doute être majorés dans le cas des oscillations brusques et saccadées, qui se produiraient dans une turbine à gaz à explosions et à impulsions intermittentes.

Il a été moins fait d'expériences sur les autres turbines entrées plus tard dans la carrière. Toutefois, M. Belluzzo en rapporte quelques-unes dans son Traité[1]; nous y avons relevé notamment les résultats obtenus par MM. Wyssling, Farny et Stodola avec une turbine Rateau de 650 chevaux, accouplée à une dynamo à courant continu; le rendement de cette belle machine est égal à celui des meilleures Parsons. Les Curtis, les Zoelly, les AEG peuvent aussi produire de brillants rapports d'essais. Les turbines bien établies, et éprouvées par une étude pratique suffisante, sont donc à peu près équivalentes au point de vue thermique. Et pourtant, les turbines d'action, à chutes de pression, réalisent sur les turbines mixtes à réaction l'avantage d'une réduction au minimum des fuites de vapeur, d'une diminution possible du nombre des roues et de la suppression totale de la poussée axiale : dès lors, il semblerait *a priori* qu'elles devraient posséder un meilleur rendement organique et total. S'il n'en est rien, il faut en chercher la cause dans des phénomènes particuliers, et notamment dans des pertes plus sensibles dans les distributeurs des turbines d'action et dans les roues, surtout dans les roues à haute pression. Le désir ou quelquefois le besoin de faire des économies de construction a peut-être empêché les constructeurs de multiplier suffisamment les échelons et de bénéficier des avantages théoriques du type.

Un laminage de vapeur peut produire des surchauffes spontanées de 35°, qui améliorent le rendement; c'est un fait d'expérience à signaler.

D'une manière générale, la surchauffe de la vapeur admise à la turbine améliore sérieusement le rendement; M. Mouchot[2] a fait remarquer qu'elle a trompé heureusement les espérances que l'on fondait sur elle. On calcule, en effet, que la dépense de vapeur devrait diminuer de 1 °/₀ environ pour un accroissement de 8 à 10° de surchauffe; or, la pratique accuse, entre les températures de 250 à 350°, un bénéfice de 1 °/₀ pour des variations de 5 à 7°. Ce résultat est dû évidemment à des causes multiples, mais on peut l'attribuer surtout à une réduction des résistances passives supérieure à ce que l'on attendait.

Dans le même ordre de phénomènes, l'influence de l'état de siccité de la vapeur saturée a aussi été trouvée supérieure à ce que le calcul permettait de

[1] Sosnowski : Turbines de Laval. *Congrès de Liége*, t. II, p. 58.

[1] Belluzzo : *Loc. cit.*, p. 324, 336, 367, etc.

[2] Mouchot : Note sur la construction des turbines à vapeur. *Congrès de Mécanique de Liége*, t. II, p. 15.

Digitized by Google

prévoir d'après les considérations basées sur le titre; on a émis l'hypothèse que l'eau est entraînée sous forme de gouttelettes, d'un volume et d'une masse appréciables, qui produiraient des effets mécaniques particuliers, même dans les turbines d'action à détente complète par la tuyère; ce n'est qu'une hypothèse.

Une augmentation de pression de la vapeur fait gagner peu de chose, tout au plus 1 à 2 °/₀ par kilog d'accroissement; par contre, le degré de vide améliore le rendement dans des conditions plus marquées. Les essais poursuivis sur les turbines Parsons ont montré que l'on bénéficie de 2 à 3 °/₀ sur la consommation de vapeur pour chaque centimètre de vide gagné. Il convient de remarquer, d'autre part, que la pompe à air n'absorbe guère plus de travail pour donner un vide plus grand; le maximum correspond à un vide de 14 °/₀; en pratique, on peut admettre que le service de la condensation absorbe 1,3 à 1,7 °/₀ de la puissance du moteur, lorsque l'eau est amenée au pied des appareils.

Il y aurait encore beaucoup de détails à glaner dans les résultats de la théorie expérimentale synthétique, qui est la plus féconde: ainsi, dans les turbines d'action à chutes de vitesse, le rendement diminue quand on augmente le nombre de chutes; les constructeurs ont donc été détournés de chercher à diminuer outre mesure la vitesse circonférentielle en multipliant les roues. Pour les turbines à chutes de pression, au contraire, le nombre des paliers peut avantageusement être augmenté pour une puissance déterminée du moteur; mais ce nombre doit être choisi judicieusement, et non pas à l'aventure, comme l'ont fait des inventeurs qui revendiquaient pour caractéristique de leurs créations un nombre déterminé d'échelons. Les turbines mixtes se prêtent assurément à certaines combinaisons favorables des chutes de vitesse avec les chutes de pression, qui se traduisent par de moindres consommations par cheval-heure effectif. Ces combinaisons ne peuvent être trouvées que par des praticiens.

M. Rateau professe que, dans les turbines à chutes de vitesse, les frottements, chocs et tourbillonnements du fluide dans les aubages directeurs et moteurs donneront toujours lieu à des pertes d'énergie plus considérables que dans les systèmes à chutes de pression, malgré tous les artifices et tous les soins apportés au tracé et à la construction de leurs aubages, et il évalue à 20 °/₀ les déchets de cette nature, alors que le système ne permet de gagner que 2 °/₀ sur les fuites. Ces arguments plaident en faveur du type multi-cellulaire que cet ingénieur a créé[1].

[1] Rateau : Considérations sur les turbines à vapeur à chute de vitesse. *Congrès de Liége*, t. II, p. 3.

IV

Inventeurs et constructeurs ont tous procédé à de nombreuses expériences sur leurs machines, dont le public n'a évidemment pas eu la confidence, dans le but de découvrir les meilleures règles de tracé, d'agencement et de construction. C'est donc par étapes successives que ces machines ont progressé vers le type meilleur qu'elles pouvaient réaliser : c'est par des perfectionnements de détail qu'ont été corrigées l'une après l'autre les infériorités que la théorie expérimentale révélait. En somme, cette dernière théorie paraît avoir plus contribué au succès que la théorie générique.

L'histoire de la turbine Parsons le démontre : brevetée d'abord en 1884, et successivement modifiée et perfectionnée, cette machine était, au début, bien compliquée; sa vitesse était exagérée et sa dépense de vapeur si grande qu'elle lui valut le nom peu flatteur de *steam-eater*, parce qu'elle dévorait la vapeur. Ce n'est qu'en 1890 que les imperfections constatées commencèrent à être corrigées; sa réputation mondiale lui vint à la suite des applications qui en furent faites dans les stations centrales d'électricité et à bord des navires. Et, depuis, cette machine, qui ne possède cependant aucune prééminence théorique sur ses rivales, alors qu'elle présente au contraire certaines conditions moins favorables dans son agencement, s'est fait dans l'industrie une place tellement grande et elle y occupe une situation si élevée que ses constructeurs semblent pouvoir défier pour quelque temps encore toute concurrence dangereuse. Scrupuleusement étudiée dans ses moindres détails, admirablement établie dans son ensemble, cette turbine, qui peut invoquer les résultats d'une pratique déjà longue, joint à une grande sécurité une indiscutable économie de fonctionnement. A l'usine électrique de Rheinfelden, en Suisse, le kilowatt-heure a été obtenu par 6 kil. 95 de vapeur surchauffée à 260°, la vapeur ayant une pression absolue de 12 kil. 5 et le vide au condenseur à surface employé étant de 96 °/₀; il s'agissait d'une turbine de 1.200 kilowatts. Celle de 3.000 kilowatts de la station de Francfort-sur-le-Mein a consommé par kilowatt-heure 6 kil. 7 de vapeur à 11 kilogs de pression, avec une surchauffe à 300°.

Discutons ce dernier chiffre : en prêtant à la génératrice d'électricité un rendement de 0,92, le kilowatt aux bornes correspond à 1,48 cheval pour le moteur, et la consommation de vapeur ressort à 4 kil. 527 par cheval-heure effectif; or, le kilog de vapeur, surchauffée à 300°, admise à cette turbine, représente 721 calories; soit donc une dépense de 3.262 calories par unité effective de puissance. Théoriquement, dans une machine parfaite, fonc-

Digitized by Google

tionnant suivant le cycle de Rankine, entre des pressions de 11 kilogs absolus et 0 kil. 2, le cheval-heure obtenu par de la vapeur saturée sèche coûterait 2.883 calories; pour un vide de 0 kil. 1, la dépense ne serait plus que de 2.443 calories, et elle tomberait à près de 2.000 avec de la vapeur surchauffée. Ces chiffres permettent d'apprécier le degré de perfection relative atteint déjà par les turbines. Elles feront assurément encore de notables progrès.

Il faut reconnaître que le moteur à gaz est beaucoup plus économe de calories; je pourrais citer, en effet, plusieurs exemples de consommation de 2.300 calories par cheval-heure effectif : ce taux a servi de base à d'importants contrats de commande, dont nous avons eu à contrôler l'exécution. La turbine à vapeur est encore loin de ce chiffre. Mais la turbine à gaz n'aurait-elle pas le droit d'escompter à son bénéfice les succès du moteur à gaz, qui est si supérieur à la meilleure machine à vapeur, au point de vue des consommations? N'est-elle pas appelée elle-même à prévaloir sur la turbine à vapeur? Quelques ingénieurs l'ont pensé et ils ont affirmé hautement leur foi en la turbine à gaz : il nous reste à examiner cette question et à la discuter.

V

La théorie générique assigne à la turbine à gaz le même rang qu'à la machine thermique parfaite; de son côté, la théorie expérimentale nous a montré que, si elle n'est guère inférieure à la turbine à vapeur en bien des points, elle vaut mieux à certains égards; rappelons, en effet, que, d'après la théorie générique, la puissance par unité de section terminale des tuyères est plus grande pour les gaz chauds; de plus, la théorie expérimentale nous a démontré que toutes les pertes de frottement du fluide sont atténuées dans les gaz, et notamment la perte très sensible des frottements des roues contre le fluide ambiant. Il est vrai qu'on peut craindre que la vitesse d'écoulement, plus grande pour les gaz, n'oblige à trop augmenter les vitesses angulaires des roues ou bien leurs diamètres, pour rester dans les limites d'une vitesse périphérique convenable; mais cet inconvénient disparaîtrait pour les turbines de grande puissance, parce qu'il y aurait compensation d'effets du chef de la diminution des sections totales nécessaires au passage des gaz. La température élevée des gaz est un autre obstacle très sérieux, dont on atténuerait peut-être les conséquences par des mélanges avec de l'air froid, ou chargé d'eau pulvérisée, ou autrement : en tout cas, il faudrait effectuer une détente complète dans les tuyères pour abaisser la température des gaz par ce procédé, ce qui exclut le type à réaction et ne permettra d'employer que le type à action mono-roue, ou bien à roues multiples avec chutes de vitesse; on a ainsi l'espoir d'introduire sur les roues des gaz dont la température sera tolérable pour le métal, et qui ne dépassera pas 360° C.

Toutes ces considérations ont été habilement et longuement développées dans une étude très fouillée de M. Sekutowicz [1], présentée à la Société des Ingénieurs civils de France et suivie d'une discussion fort intéressante, mais un peu confuse. Précédemment, MM. Armengaud, Barbezat, Barcow, etc., avaient déjà publié des Mémoires importants sur la question [2]; mais ces savants et distingués ingénieurs ont envisagé la question en se plaçant à des points de vue différents, et ils l'ont traitée par des méthodes diverses. Ils ont fait état d'influences opposées, et leurs thèses ont abouti à des résultats quelquefois contradictoires, suivant que l'une ou l'autre influence a été considérée comme prépondérante. De cette discussion ressort le fait que la théorie expérimentale manque encore de données précises; on a assez discuté à cette heure, il serait temps d'agir : c'est à l'expérience qu'appartiendra le dernier mot, et c'est elle qui prononcera en dernier ressort.

En attendant, on ne peut avoir d'autre prétention que de préparer la solution du problème.

A cet effet, nous croyons nécessaire de remonter au concept fondamental de la turbine à gaz.

Nous avons vu, sur la figure 3 (page 21), que le travail développé dans l'unité de temps par la détente de l'unité de poids du fluide est représenté par l'aire $a'ABb'$; le gaz doit donc être amené d'abord à la pression p_1 et à la température T_1. L'explosion d'un mélange tonnant pris sous la pression atmosphérique peut produire ce résultat : une turbine de ce genre serait analogue aux moteurs à explosion sans compression préalable, du type Lenoir primitif, qui est presque entièrement abandonné depuis un certain nombre d'années, pour insuffisance de rendement et de puissance [3]. Le verdict prononcé par les théories générique et expérimentale, relativement aux moteurs à piston, ne s'applique pas nécessairement ni absolument aux turbines, car ce sont des moteurs d'espèce entièrement différente; à notre avis, on a conclu trop rapidement d'un cas à l'autre. L'avantage de

[1] Sekutowicz : Les turbines à gaz. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, 1906, t. I, p. 195; discussion par MM. Deschamps, Armengaud, Rey, Hart, Letombe et Bochet.

[2] Le *Bulletin du Congrès de Liége* renferme deux Mémoires de MM. Armengaud et Barcow et l'on trouve une étude de M. Barbezat dans les nos des 12 et 19 novembre 1904 de l'*Eclairage Electrique*.

[3] Nous avons étudié et discuté ces questions dans notre *Traité des Moteurs à gaz et à pétrole*, 4e édition, t. I, p. 57, 275, etc., et en divers points du tome II.

Digitized by Google

n'avoir pas à comprimer le gaz est inappréciable, et l'abaissement de la température de détente constitue, d'ailleurs, un second élément dont les conséquences pourraient être capitales; il faut donc se garder de porter sur ces choses un jugement prématuré, qui risquerait d'être mal fondé. Il est vrai qu'un dispositif à explosions intermittentes donnerait des variations de pression, que nous savons être très nuisibles au bon rendement d'une turbine; la pratique des turbines à vapeur l'a démontré; mais on pourrait pallier cet inconvénient, dont l'importance n'est, du reste, pas majeure. Ce genre de turbines ne doit donc pas être condamné *a priori*, et MM. Armengaud et Lemale étaient parfaitement justifiés à poursuivre des essais dans cette voie; ils ont peut-être eu tort de n'y pas persévérer.

La turbine à combustion (ou pression constante) avec compression préalable, à laquelle la majorité des techniciens accorde aujourd'hui sa faveur, permet

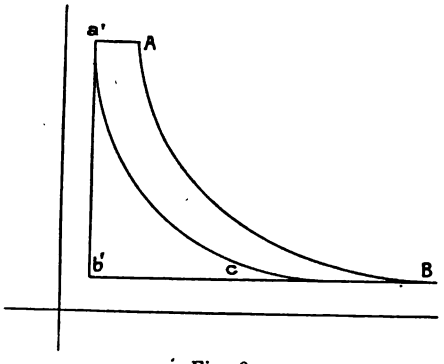


Fig. 9.

d'éviter l'inconvénient des variations brusques de pression, et ce type réalise mieux le diagramme de la figure 3; mais il faut mettre en évidence, sur ce tracé, le travail de compression, dont l'aire *a'b'c* (fig. 9) vient en décompte de l'énergie produite par la détente, et l'on constate ainsi que le travail disponible subit une forte réduction; d'ailleurs, cette façon de procéder impose l'adjonction onéreuse d'un compresseur à la turbine.

On a beaucoup discuté sur ce compresseur; il constitue, de fait, un grave élément d'infériorité pour la turbine à combustion, qui ne peut se passer de lui.

Tout le monde reconnaît que ce serait un nonsens d'accoller à un turbo-moteur à gaz un compresseur à piston : l'emploi d'un turbo-compresseur s'impose donc. Or, ces appareils ont un rendement très inférieur à celui des appareils à piston, et la différence est telle que l'on peut craindre que le travail utile du moteur ne soit très diminué. En effet, si m est le rendement total du compresseur et $\mathfrak{T}_c$ son travail, si n est le rendement organique du turbo-moteur et $\mathfrak{T}_1^*$ son travail théorique, on a pour la valeur $\mathfrak{T}_u$ du travail utile la valeur $\mathfrak{T}_u = n\,\mathfrak{T}_1^* - \frac{\mathfrak{T}_c}{m}$.

La valeur de m est malheureusement très faible, même pour les turbo-compresseurs polycellulaires du système Rateau et Armengaud ou Brown-Boveri, qui ne paraissent pas donner plus de 60 %. Une compression isothermique permettrait sans doute de réduire le travail $\mathfrak{T}_c$, mais au prix d'une perte de calorique, qui grèverait le groupe d'une perte sèche considérable, si l'on ne parvenait pas à la récupérer de quelque façon.

Il faut noter encore que les turbo-compresseurs ne se prêtent pas à une compression supérieure à 5 kilogs; pour obtenir une chute de pression suffisante, on serait donc conduit à adjoindre à la turbine, en aval, un turbo-aspirateur, permettant d'obtenir une pression d'aval de 0 kil. 4, par exemple : mais ce nouvel appareil ne compliquerait-il pas outre mesure le moteur rotatif, dont le principal avantage est, en somme, d'être peu encombrant?

De nouvelles difficultés se révèlent quand on entre dans le domaine pratique de la réalisation des turbines à gaz, et MM. Armengaud et Lemale, dont les recherches constituent le meilleur document que nous possédions sur la question, ont été amenés à prévoir même un refroidissement des roues par un courant d'eau froide : cette mesure serait grave à tous égards.

Il ne faut dès lors pas s'étonner que des hommes considérables diffèrent entièrement d'opinion sur l'avenir qui attend la turbine à gaz; M. Kennedy conçoit de grandes espérances, alors que M. Dugald-Clerk reste incrédule [1]; M. Stodola formule de sages et prudentes réserves, qui sont significatives; M. Barcow estime qu'il faudra, pour réussir, dépenser beaucoup de temps et d'argent. Ajoutons-y beaucoup d'ingéniosité et de constance de la part des inventeurs; cela suffira-t-il? Nous n'oserions pas l'affirmer.

VI

Conclure, c'est trop souvent se redire; nous préférons tirer partie des théories que nous venons d'exposer sommairement, en faisant ressortir la valeur relative des turbines à vapeur et à gaz, et en montrant la situation qu'elles occupent et celle qui les attend parmi les moteurs thermiques.

C'est une question de forme qui a le plus contribué au succès industriel des turbines à vapeur; elles ont enfin réalisé cette disposition rotative, que Watt lui-même avait mise à son vaste et génial programme, et que tant d'inventeurs avaient poursuivie de leurs efforts; elles se prêtent excellemment à la commande directe des génératrices d'électricité, et leur place est marquée dans les

[1] Voir son discours présidentiel de 1905 dans la *Revue Electrique*, 30 novembre 1905.

Digitized by Google

puissantes stations centrales, qui se construisent de toutes parts; elles conviennent encore fort bien à l'actionnement des ventilateurs et des pompes rotatives; enfin, elles ont trouvé un emploi remarquable dans la propulsion des navires.

Leur volume réduit, le faible encombrement qu'elles présentent, les frais minimes d'entretien et de graissage qu'elles imposent, même en surchauffe, la simplification du service, la sécurité de leur fonctionnement, la grande régularité de leur marche sont des qualités maîtresses qui justifient la vogue dont elles jouissent aujourd'hui. Elles permettent enfin de construire des unités de 10.000 kilowatts, puissances formidables que les machines à piston n'atteindraient que difficilement, et en tous les cas dans des conditions fort dispendieuses.

Mais il ne faut pas s'illusionner sur le rendement thermique des turbines; il n'est pas supérieur à celui des machines à piston. En effet, la consommation de 6 kg. 7 de vapeur, prise à 11 kilogs absolus de pression, surchauffée à 300°, que nous avons relevée ci-dessus comme remarquable, correspond à 3.262 calories par cheval-heure effectif, soit à 2.936 calories par cheval-heure indiqué; or, on a constaté des dépenses semblables pour certaines machines à piston habilement compoundées et bien construites[1]. Tout au plus pourrait-on revendiquer pour les turbines une constance plus grande de consommation aux faibles charges, qui est due à la constance des résistances passives.

Il est vrai de dire que les turbines, qui ne sont nées à la vie industrielle que vers 1880, sont jeunes encore et qu'elles ont plus de chances d'être améliorées que les machines à piston, qu'un siècle d'études et d'efforts a enfin amenées au plus haut degré de perfection relative qu'elles peuvent réaliser.

C'est le moteur à gaz qui a pris l'avance sur toutes les machines thermiques au point de vue brutal de la consommation de calories par unité de puissance; il la gardera longtemps, car lui-même est encore perfectible, et l'avance qu'il a déjà conquise est grande.

Les différentes turbines à vapeur se valent à peu près pratiquement. Parsons, qui est arrivé bon premier avec de Laval, va être talonné par des concurrents habiles et actifs, qui lui disputeront les commandes, mais n'ont pas à lui arracher une prééminence théorique qu'il ne possède pas. La turbine de Parsons est, comme la turbine de Laval, un chef-d'œuvre du genre, mais la théorie expérimentale a plus contribué à son admirable succès que la théorie générique. Les turbines à action à chutes de pression sont, en effet, génériquement supérieures aux turbines mixtes, à réaction; mais les pertes internes ont été réduites au minimum dans la Parsons, à la suite d'une étude habile, patiente et approfondie de la forme des canaux directeurs et des aubages mobiles.

Sur ce terrain, les Rateau, les Zoelly, les Curtis et autres peuvent regagner l'avance prise sur eux. L'ingéniosité et le savoir-faire du mécanicien, qui dessinera et construira les appareils, sera un facteur considérable du succès. Les preneurs de brevets et les inventeurs de profession, qui rêvent de nouveautés non encore soupçonnées, qui proposent des mélanges de fluides divers entre eux et recourent à des artifices plus ou moins ingénieux, peuvent se reposer. Il n'y a plus de grand principe à découvrir; nous sommes en période d'application.

La turbine à gaz est encore au berceau; il ne paraît pas qu'aucune fée bienfaisante y ait déposé un talisman. Les gaz chauds présentent des avantages sur la vapeur, mais leur température élevée, l'absence de condensation, sans compter le reste, constituent des difficultés contre lesquelles il faudra batailler longtemps. La turbine à explosion sans compression préalable ne doit pas être écartée d'emblée. La turbine à combustion avec compression préalable, à laquelle de bons esprits accordent la préférence, se prêtera mieux aux grandes puissances, mais elle traîne un lourd boulet au pied, qui est son turbo-compresseur séparé. C'est d'ailleurs une erreur de croire que les consommations très réduites de calories que possède le moteur à gaz à piston soient acquises nécessairement aux turbo-moteurs; les deux machines ne sont pas de même espèce, et l'on n'a pas le droit de conclure aveuglément de l'une à l'autre.

Dans les turbo-moteurs, les pertes par action de paroi, si marquées dans les machines à vapeur et à gaz, par espace nuisible, par détente incomplète, les pertes externes causées par le rayonnement de la chaleur et par la conductibilité, sont nulles ou réduites au minimum; dans les turbines d'action, à roue unique ou à roues multiples, les fuites de vapeur sont nulles ou minimes. Leur rendement organique est remarquable. Les turbines à vapeur ne connaissent pas, d'ailleurs, comme les machines à multiple expansion, les déchets de rankinisation. Voilà ce que nous relevons à l'actif du bilan des turbines; à leur passif figurent les pertes aux distributeurs, qui peuvent atteindre 15 °/₀, les pertes par frottements, chocs, remous et tourbillonnements, estimées au moins à 20 °/₀, la perte à l'échappement sous forme cinétique, qui dépasse

[1] Witz : Rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz. l'*Eclairage Electrique*, t. XXX et XXXI; — Considérations théoriques et pratiques sur les machines surchargées. *Bulletin de la Société Industrielle du Nord*, 1906.

Digitized by Google

de beaucoup celle qui se produit à la sortie du cylindre des moteurs à piston. Ces divers éléments sont à examiner, à peser, à discuter, avant d'établir un parallèle et de porter un jugement définitif.

A un point de vue plus essentiellement pratique, il faut encore constater que l'accouplement direct des turbo-moteurs s'impose presque toujours et qu'ils ne sont pas réversibles.

Toutes ces influences directes se superposent et se combinent pour constituer deux genres de moteurs, qui possèdent des qualités spéciales, dont il convient de tenir compte suivant les cas particuliers qui se présentent dans l'application ; il y aura toujours place pour les uns et pour les autres dans l'industrie.

Aimé Witz,

Membre correspondant de l'Institut,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DE L'OZONE

La grande puissance d'oxydation de l'ozone et la manifestation énergique de ses propriétés permettent de bien augurer des applications de ce gaz si précieux pour l'Industrie.

Ce qui a tout d'abord empêché l'industrie de l'ozone de se développer, ce sont les procédés rudimentaires de fabrication, le discrédit jeté par ceux qui ne connaissaient pas suffisamment la question, ou qui croyaient avoir intérêt à cacher la vérité pour faire ensuite œuvre de spéculation.

Il nous serait facile, par exemple, de citer des usines qui, d'une façon continuelle, utilisent l'ozone avec avantage. Cependant, si l'on interroge les propriétaires, ils affirment qu'ils ne se servent pas d'ozone, et même que les résultats susceptibles d'être obtenus dans leur industrie ne seraient que défavorables.

Actuellement, l'ozone peut être fabriqué industriellement dans des conditions d'économie suffisantes pour permettre un large développement de son emploi, développement qui s'accentuera de plus en plus avec le perfectionnement des moyens de production. Toute question industrielle nécessite l'interve tion de considérations économiques; aussi l'ozone ne saurait échapper à cette règle : diminuer le prix de revient, c'est augmenter le champ des applications.

Nous diviserons la présente étude en deux parties :

1° De la production industrielle de l'ozone;

2° Des applications industrielles de l'ozone.

I. — De la production industrielle de l'ozone.

Si de nombreuses méthodes concourent à l'émission de l'ozone, les procédés électriques de production sont les seuls qui, actuellement, doivent être considérés comme ayant fait leurs preuves industrielles. Les autres méthodes relevant du domaine de la Chimie ou de la Physico-Chimie ne constituent, jusqu'à présent, que des moyens insuffisants de production.

Nous allons examiner la production de l'ozone par les effets de la décharge électrique et mettre en évidence les conditions favorables à cette production.

§ 1. — De la décharge et des courants électriques dans la production de l'ozone.

1. *Forme de la décharge électrique.* — Dans la production de l'ozone, on utilise la décharge disruptive, c'est-à-dire celle qui se produit par le retour brusque à l'état neutre d'un système électrisé.

Cette décharge disruptive, ou combinaison de deux électricités de signes contraires, se manifeste sous forme d'étincelle ou d'effluve, suivant les conditions du phénomène produit. L'étincelle ou l'effluve électrique suffisent pour faire subir à l'oxygène soumis à leur influence la modification allotropique nécessaire à la formation de l'ozone.

Bien que l'étincelle électrique puisse, par ses effets, donner naissance à de l'ozone, cette forme de décharge électrique ne saurait être employée avantageusement dans la pratique industrielle. L'échauffement produit, la rétrogradation de l'ozone en oxygène, et la formation abondante de composés nitreux, lorsque l'action de l'étincelle électrique s'exerce sur l'air, — ce qui est le cas général en matière de fabrication, — nuisent considérablement au rendement en ozone par l'effet de l'étincelle.

La fabrication pratique et judicieuse de l'ozone est obtenue par l'utilisation de l'effluve électrique ou décharge obscure, c'est-à-dire la forme de décharge qui se manifeste par le passage silencieux et sans chaleur apparente de l'électricité.

Dans les gaz raréfiés, la décharge électrique produit une lueur ou effluve électrique, phénomène résultant du choc des molécules mises en mouvement; les couches d'air ou d'oxygène soumises à cette influence sont transformées en ozone. Cette observation a servi de base à la construction des générateurs électriques d'ozone à tubes à vide.

Digitized by Google

2. *Des courants électriques dans la production de l'ozone.* — Dans l'Industrie, l'ozone peut être obtenu au moyen des courants de haute tension ou des courants de haute fréquence, qui sont envoyés aux bornes des électrodes des générateurs d'ozone.

a) *Courants de haute tension.* — La génération de haute tension, utile à la production de l'ozone, s'effectue par l'intermédiaire d'un transformateur qui reçoit le courant convenable. Ce courant peut être obtenu, par exemple, au moyen d'une dynamo à courant continu conjuguée avec un alternateur, ou par une machine alternative, disposée à cet effet.

Dans certains cas, on peut encore se servir du courant continu, successivement interrompu au moyen d'un interrupteur approprié.

Avec les machines à courant alternatif, le nombre des alternances varie suivant le type, le système d'ozoneur à employer et sa capacité.

Le nombre des alternances, employé dans l'industrie de l'ozone, est généralement de 100, au minimum; quant à la tension du courant transformé, porté au générateur d'ozone, elle varie, suivant le cas, de 4.000 à 10.000 volts.

Avec un courant alternatif, et pour une même dépense d'énergie, le rendement en ozone augmente avec le nombre d'alternances employé au fonctionnement d'un ozoneur déterminé.

Pour chaque générateur électrique d'ozone, il existe une liaison entre le voltage du courant transformé et le rendement en ozone.

Dans la pratique, il convient de déterminer le voltage correspondant au meilleur rendement. Pour cela, il suffit d'augmenter ce voltage jusqu'à ce que le générateur d'ozone accuse un rendement favorable d'ozone, que l'analyse chimique, par exemple, permet d'apprécier.

b) *Courants de haute fréquence.* — Les procédés et dispositifs qui concourent à la production des courants de haute fréquence, convenablement appropriés, sont susceptibles d'être utilisés à la production de l'effluve, c'est-à-dire à la fabrication de l'ozone.

Ces divers procédés et dispositifs de production des courants de haute fréquence peuvent être ramenés à deux catégories : 1° électro-mécanique; 2° physique.

1° Procédé électro-mécanique utilisant les alternateurs de haute fréquence :

Ces alternateurs, préconisés par Tesla, sont, en général, à très grand nombre de pôles : minimum 480, et à très grande vitesse de rotation : 1.600 tours au moins par minute; ils permettent d'obtenir un courant alternatif de fréquence : 15.000 au minimum.

Certains constructeurs ont établi des alternateurs spéciaux qui, d'après eux, fonctionneraient régulièrement en produisant des courants dépassant 40.000 fréquences.

2° Procédé utilisant les ondes électriques :

Les ondes électriques peuvent être obtenues simplement en entretenant la décharge oscillante d'un condensateur, suivant la méthode hertzienne.

Dans la disposition du système, en vue de la production de l'effluve, obtenue par le fonctionnement du générateur électrique d'ozone par les vibrations hertziennes, on met d'abord en communication les deux pôles d'un transformateur avec un condensateur.

On fait ensuite communiquer, par un fil métallique, l'un des pôles du condensateur avec une des électrodes de l'ozoneur, et l'autre pôle, par un fil métallique également, à l'autre électrode de l'ozoneur.

Il faut avoir soin de couper ce fil en un endroit déterminé, pour que les étincelles puissent jaillir entre ces deux extrémités, lorsque la décharge du condensateur se produit par la mise en fonction du système.

Dans ces conditions, la décharge oscillante se produit suivant la relation formulaire :

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}},$$

où R indique la valeur de la résistance de la self-induction, L le coefficient de self du circuit de décharge, et C la capacité du condensateur formé par les deux conducteurs.

Cette décharge se manifeste dans l'ozoneur, l'effluve jaillit et l'ozone se produit.

Les dispositifs de production des courants de haute fréquence, préconisés par Tesla et M. d'Arsonval, ou obtenus par l'adjonction d'un ou plusieurs solénoïdes, peuvent être utilisés à la fabrication de l'ozone.

§ 2. — Des radiations et du rendement dans la production de l'ozone.

Étudier la fabrication de l'ozone revient à examiner la production de l'effluve et son action particulière sur l'oxygène ou sur l'air.

Les causes qui peuvent influencer la manifestation de l'effluve influent sur la production de l'ozone, et le rendement en ozone est intimement lié à l'augmentation de l'effluve; mais ce rendement, tout en croissant, n'est cependant pas proportionnel à l'augmentation des dimensions de l'effluve.

Dans la production de l'ozone, diverses causes influent encore sur le rendement[1]. .

Si certains générateurs d'ozone, tels que les générateurs sans diélectriques, nécessitent des courants de très haute tension, il n'en est pas de même pour les générateurs d'ozone à diélectriques.

Pour cette dernière catégorie d'ozoneurs, les

[1] Voir, à ce sujet, la *Revue* du 15 juin 1906, p. 489.

Digitized by Google

constructeurs ne doivent donc pas rechercher, comme certains le font encore actuellement, des courants de haute tension dépassant 40.000 volts, dans l'espoir d'augmenter le rendement en ozone. Une semblable conception va à l'encontre du but cherché.

Nous ne saurions trop faire remarquer que le rendement en ozone n'augmente pas proportionnellement à la tension. Dans la production de l'ozone, il y a une certaine tension à obtenir pour assurer la marche normale du générateur électrique d'ozone. A partir d'une certaine augmentation de tension pour l'ozoneur considéré, non seulement la production d'ozone n'augmente plus, mais encore il y a rétrogradation de l'ozone en oxygène, par suite de la chaleur élevée qui résulte de ces très hautes tensions et des vapeurs nitreuses émises. Avec les sels radio-actifs seuls, l'oxygène peut être transformé en ozone, phénomène qui paraît bien lié à la radio-activité.

Dans la production de l'ozone par les générateurs électriques, les phénomènes des radiations interviennent.

Lorsqu'on veut obtenir une bonne production d'ozone, on doit rechercher l'effluve d'un beau violet et éviter les étincelles, qui sont susceptibles de faire rétrograder l'ozone en oxygène.

La formation de l'ozone par l'effet de l'effluve, comme décharge électrique, serait due à des phénomènes photo-chimiques, et les longueurs d'ondes interviendraient par conséquent. Certaines ondes électriques sont particulièrement actives pour la préparation de l'ozone.

Les radiations ultra-violettes, qui sont des radiations de courte longueur d'onde, transforment l'oxygène ou l'air qu'elles traversent en ozone.

C'est ainsi que l'on constate, dans le voisinage d'une lampe électrique à mercure, source riche en radiations ultra-violettes, la formation d'ozone.

Dans l'effluve des ozoneurs, il y a émission de radiations ultra-violettes, qui interviennent pour former de l'ozone ; aussi, dans la construction des ozoneurs, doit-on tendre à augmenter et à utiliser au maximum la production de ces rayons efficaces, et à éviter, d'autre part, le plus possible, l'émission ou l'action des autres rayons.

C'est dans cette voie que doivent se porter les efforts techniques des constructeurs.

Le rendement théorique en ozone donne une valeur de 1.030 grammes d'ozone par cheval-heure électrique.

Actuellement, le rendement est loin d'atteindre le chiffre théorique ; mais il n'en est pas moins vrai que, dans un grand nombre d'applications, le rendement des générateurs industriels d'ozone est suffisant pour qu'il soit avantageux de les employer, étant donnés les effets énergiques obtenus. Certains appareils ne donnent guère que 2 % du rendement théorique ; d'autres donnent une moyenne d'environ 120 grammes par kilowatt-heure.

Dans le choix d'un ozoneur, il ne faut pas rechercher seulement les essais de production brillants ; il convient d'avoir, en outre, une constance dans cette production, en un mot une bonne régularité de marche — régularité qui constitue un facteur important dans le travail industriel.

§ 3. — Des générateurs électriques d'ozone et des conditions spéciales favorables à leur construction et à leur marche.

Tout générateur électrique d'ozone est constitué par un condensateur, dont les armatures sont soumises alternativement à des potentiels égaux et de signes contraires.

Par l'action de la décharge électrique sur l'air ou l'oxygène, l'ozone est obtenu.

Deux pointes métalliques, placées vis-à-vis l'une de l'autre, ou deux surfaces utilisant la décharge électrique, suffisent pour constituer un générateur électrique d'ozone. Dans ce cas, l'effluve jaillit entre les électrodes métalliques, en traversant la lame d'air circulant entre ces électrodes. Les ozoneurs ainsi constitués sont désignés sous le nom de générateurs électriques d'ozone sans diélectrique.

Dans ces ozoneurs, la lame d'air offre une résistance variable suivant certaines conditions physiques afférentes : température, état hygrométrique et vitesse de circulation de l'air. Aussi, en matière de construction, doit-on tenir compte de ces facteurs. La réfrigération des surfaces effluvantes, la régularisation du débit et la dessiccation de l'air doivent être soigneusement faites.

Ces remarques doivent être tenues en considération pour obtenir une régularité de marche.

En dehors de la catégorie d'ozoneurs examinée, d'autres ozoneurs composent la classe des générateurs électriques d'ozone à diélectriques.

Dans cette catégorie, afin de diminuer les variations de la résistance de la lame d'air, par suite des variations des conditions physiques, on intercale, entre les électrodes, dans la lame d'air, une lame d'un corps diélectrique tel que du verre, du mica, ou autre corps analogue, qui possède une résistance invariable et sert de régulateur.

En faisant varier la position des électrodes métalliques par rapport aux diélectriques, on peut obtenir toute une série de combinaisons servant de base à la construction des ozoneurs.

Les diélectriques employés constituent des résistances, variables cependant, si l'on considère leur nature et leur épaisseur.

Digitized by Google

Dans la construction des générateurs électriques d'ozone, on doit donc étudier, au préalable, la nature du diélectrique à employer, l'épaisseur qu'il devra posséder, ainsi que la disposition de ces diélectriques, par rapport aux électrodes métalliques, et la distance séparative des électrodes, afin d'assurer le bon fonctionnement et le rendement en ozone, suivant le courant considéré.

De nombreux systèmes d'ozoneurs existent actuellement ; nous ne pourrions les décrire sans sortir du cadre de cette étude. Que l'on veuille bien nous permettre de signaler la description, dans un de nos ouvrages : « L'Ozone et ses Applications industrielles[1] », d'un grand nombre de ces appareils.

Les générateurs électriques industriels d'ozone peuvent être divisés en :

1° Ozoneurs a diélectriques. — Comprenant :

A. — *Ozoneurs à diélectriques à électrodes fixes* :
a) Ozoneurs à électrodes planes et à plateaux ;
b) Ozoneurs à électrodes en hélice ;
c) Ozoneurs à électrodes à pointes ;
d) Ozoneurs à lames liquides ;
e) Ozoneurs à tubes à vide.

B. — *Ozoneurs à diélectriques rotatifs à électrodes mobiles.*

2° Ozoneurs sans diélectrique :

A. — *Ozoneurs sans diélectrique à électrodes fixes* :
B. — *Ozoneurs sans diélectrique à électrodes mobiles.*

Certaines conditions spéciales sont favorables à la construction et à la marche des générateurs électriques d'ozone :

1° L'ozoneur doit être construit de telle façon que la production des radiations ultra-violettes soit la plus intense possible, et que les autres rayons soient évités dans leur formation ou combattus lorsqu'ils sont formés ;

2° La construction de l'ozoneur doit être soigneusement faite, afin d'obtenir un champ d'effluves dense, uniforme et homogène ;

3° Les échauffements de l'ozoneur et du gaz à ozoner doivent être évités, par une construction spéciale ou des dispositions appropriées, pour empêcher une diminution du rendement en ozone ;

4° Les étincelles, cause de production de composés nitreux, de rétrogradation de l'ozone formé et de destruction des ozoneurs, doivent être évitées ;

5° La marche d'un ozoneur doit être réglée avec le courant, de telle façon qu'en partant du minimum de voltage nécessaire à la formation de l'effluve, on augmente graduellement le voltage jusqu'à ce qu'il corresponde au rendement maximum, susceptible d'être fourni régulièrement par l'ozoneur considéré ;

6° On ne doit pas rechercher une concentration trop grande de l'air ozoné, ou une trop grande teneur en ozone de cet air ozoné, pour éviter une rétrogradation de l'ozone en oxygène. Le courant d'air doit, en conséquence, être suffisamment rapide ;

7° L'air à ozoner doit être sec et dépouillé des matières organiques en suspension ou des autres substances susceptibles de causer une destruction de l'ozone ou de nuire à sa formation.

II. — Les Emplois industriels de l'Ozone.

Par suite de ses propriétés d'oxydation extrêmement énergiques, et de sa grande puissance microbicide, l'ozone est recherché dans un grand nombre d'applications industrielles.

Au point de vue de l'hygiène et de certaines applications spéciales, l'ozone présente un intérêt particulier, car il permet d'utiliser les propriétés qui le caractérisent, sans avoir à craindre la formation de produits nuisibles à l'organisme humain.

Il ne faudrait pas croire qu'il suffit simplement de faire passer un courant d'ozone sur tel ou tel corps, ou dans telle ou telle circonstance, pour obtenir l'effet voulu et réaliser l'application cherchée. Les questions de véhicule, de contact, de température, de teneur en ozone, de vitesse du courant, ainsi que certaines considérations physico-chimiques, doivent intervenir pour atteindre d'une façon rationnelle le but visé.

Chaque application de l'ozone nécessite donc une étude particulière, c'est-à-dire qu'elle réclame une connaissance parfaite de ce gaz et des conditions de la fabrication.

§ 1. — Action microbicide de l'Ozone et application à la stérilisation industrielle de l'eau et de l'air.

Certainement, peu de corps ont été, autant que l'ozone, l'objet d'attaques aussi violentes, et ont donné lieu à tant de controverses.

Si, pendant de longues années, le pouvoir microbicide de l'ozone a été discuté, il ne saurait l'être aujourd'hui.

Les erreurs d'expérimentation commises par certains opérateurs trop pressés, et, par suite, leurs conclusions mal fondées, ont ainsi retardé le développement des applications de l'ozone à l'Hygiène et à la Microbiologie.

L'ozone, gaz doué d'une grande puissance microbicide, devait trouver son emploi à la stérilisation de l'eau et de l'air. Par son pouvoir oxydant particulièrement intensif, il devient soit un destructeur de la matière organique, soit un modificateur de ces matières ou des milieux dans lesquels il porte

[1] *L'Ozone et ses applications industrielles.* Dunod et Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins (Paris).

Digitized by Google

son action. Au point de vue microbicide, l'action de l'ozone peut donc se faire sentir directement ou indirectement.

Souvent, l'efficacité sur un microbe pathogène est le résultat d'une action indirecte de ce gaz qui, agissant sur le milieu de culture, le modifie et le rend impropre à la prolifération bacillaire.

Sur tous les microbes pathogènes, l'action de l'ozone ne s'exerce évidemment pas d'une façon identique, et l'effet bactéricide est variable suivant le microbe considéré. On sait depuis longtemps, en effet, que certains microbes offrent des résistances différentes à un agent antiseptique déterminé, et exigent des conditions opératoires variables et spéciales.

Pour détruire avec efficacité le microbe, l'action de l'ozone devra tout d'abord être portée, au moyen de véhicules appropriés, dans le siège microbien. Aucune particule de matière à stériliser ne doit échapper à l'influence de l'ozone, c'est-à-dire à son contact.

Dans la stérilisation des matières : eaux, air ou autres substances, il faut faire intervenir judicieusement, dans les méthodes opératoires employées, les questions de contact, de véhicule, de vitesse et de teneur du courant gazeux en ozone, ainsi que la préparation appropriée de la matière soumise à l'action microbicide. Qu'il s'agisse d'eau ou d'air, la stérilisation normale produite est soumise à l'observation méthodique de ces principes, trop souvent négligés.

A ces règles s'ajoutent naturellement les conditions économiques de production et d'emploi du gaz ozone, considérations qui font partie intégrante de toute exploitation industrielle.

1. *Stérilisation industrielle de l'Eau.* — La stérilisation normale de l'eau consiste à faire agir, d'une façon intime, le gaz sur l'eau, de telle sorte que chaque particule de cette eau puisse subir l'action de l'ozone, et cela pendant un temps suffisamment long, afin que l'efficacité microbicide se produise. Tout appareil stérilisateur bien compris doit être construit sur ces données.

Les matières organiques et les substances oxydables, destructeurs par excellence de l'ozone, qui se transforme en oxygène, causent donc une perte de réactif, un retard dans l'action stérilisatrice, ainsi qu'une augmentation des dépenses engagées dans l'exploitation industrielle.

En conséquence, l'eau à traiter doit être soumise à l'analyse et subir une préparation préalable, suivant le cas, pour la rendre apte à la stérilisation dans les conditions les plus favorables. La préparation de l'eau, destinée à être stérilisée par l'ozone, peut se faire par une filtration sur sable ou par un dégrossissement sur silex concassé.

Par l'emploi des grands bassins filtrants, la filtration se fait bien, les matières organiques en suspension sont retenues, mais la durée de filtration est grande et le coût de la main-d'œuvre et d'entretien est élevé; aussi la filtration sur sable est sujette à faire rejeter l'application de l'ozone en matière de stérilisation d'eau.

Avec le silex concassé, suffisamment fin, le passage de l'eau est assez rapide pour permettre de faire subir à l'eau, ainsi dégrossie, l'action de l'ozone, sans augmenter d'une façon excessive le prix de revient de la stérilisation du mètre cube d'eau.

Lorsqu'on se trouve en présence d'une eau renfermant des matières oxydables, comme les sels de fer, l'élimination de celles-ci peut être faite, par exemple, au moyen d'une aération convenable de l'eau coulant en cascade, pour oxyder les composés du fer, et éviter ainsi, le plus possible, les pertes d'ozone qui ne manqueraient pas de se produire en transformant par oxydation les sels de fer et en les précipitant.

Les divers appareils actuels et industriels de stérilisation d'eau par l'ozone peuvent être divisés en trois catégories :

1° Colonne contenant des corps diviseurs, tels que des cailloux concassés ou des plateaux percés de trous, pour permettre à l'eau arrivant dans cette colonne d'être divisée en particules et de subir l'action de l'ozone envoyée au bas ou au haut de ladite colonne, dans le même sens ou dans le sens contraire de l'arrivée de l'eau ;

2° Pulvérisateur divisant l'eau ou l'ozone ou les deux ensemble pour faciliter l'action de l'ozone sur l'eau dans un récipient quelconque ;

3° Mélangeur, par aspiration, par compression ou par barbotage, de l'ozone et de la masse d'eau en traitement.

Pour stériliser l'eau, on peut admettre qu'il faut environ un mètre cube d'air ozoné par mètre cube d'eau.

Quant à la teneur en ozone nécessaire à la stérilisation de l'eau, elle varie suivant le système de stérilisateur employé ; c'est ainsi que, dans certains stérilisateurs, la teneur en ozone atteint jusqu'à 0 gr. 009, tandis que dans d'autres elle n'est que de 0 gr. 0009 par litre d'air.

Ainsi que nous l'avons vu, les ozoneurs sont à diélectriques ou sans diélectrique; mais, comme les générateurs d'ozone sans diélectrique consomment une quantité de watts bien supérieure à celle qui est nécessaire aux ozoneurs à diélectriques pour produire l'unité de un gramme d'ozone, on a avantage à employer un ozoneur à diélectriques.

Ce type d'ozoneur doit être bien construit, à

Digitized by Google

marche régulière, et les électrodes ne doivent pas être sujettes aux oxydations, afin d'éviter les modifications des éléments constitutifs de l'ozoneur, et par suite les variations de marche qui en résultent.

Au point de vue pratique, on constate que, pour stériliser 100 mètres cubes d'eau, il faut 3 kw. 5 à 4 kilo watts-heure, mais cette consommation de kilo watts-heure pourrait être bien inférieure pour produire la stérilisation efficace de l'eau, en tenant compte de certaines remarques judicieuses.

En effet, si certains stérilisateurs n'ont besoin que de 0 gr. 001 à 0 gr. 002 d'ozone par litre d'air pour effectuer la stérilisation, tandis que d'autres ne fonctionnent bien qu'avec des teneurs de 0 gr. 009 à 0 gr. 011 d'ozone, l'exploitation totale d'une usine fonctionnant avec les premiers stérilisateurs, qui consomment une quantité d'ozone beaucoup moins grande, devrait donc dépenser un nombre de kilo watts bien inférieur à celui qui est consommé par une usine employant les stérilisateurs de la deuxième catégorie.

Si les différentes usines de stérilisation d'eaux par l'ozone arrivent actuellement à consommer de 3 kw. 5 à 4 kilo watts-heure pour stériliser 100 mètres cubes d'eau, quel que soit le système de stérilisateur employé dans l'usine, la cause réside dans le type choisi du générateur électrique d'ozone.

La conception des installations d'usines de stérilisation des eaux, en tenant compte des remarques consignées précédemment, conduirait à des économies notables d'exploitation.

Certaines conditions spéciales sont favorables à l'installation et à la marche régulière de la stérilisation des eaux par l'ozone. Il faut :

1° Préparer convenablement l'eau, avant sa stérilisation, suivant sa composition chimique ;

2° Employer un système de générateur électrique d'ozone donnant le maximum d'ozone pour un nombre de watts déterminé avec une marche régulière, ou, autrement dit, produisant le gramme d'ozone avec le moins de dépense possible et avec régularité ;

3° Éviter la formation des composés oxygénés de l'azote dans la production de l'ozone destiné à la stérilisation ;

4° Employer un système de stérilisateur permettant d'obtenir un contact intime de l'ozone avec l'eau, pendant un temps suffisant, et la stérilisation parfaite d'un volume d'eau déterminé avec le minimum d'ozone ;

5° Récupérer l'ozone en excès, pour servir de nouveau à la stérilisation.

2. *Stérilisation industrielle de l'air.* — Comme pour l'eau, l'ozone a trouvé l'application de son pouvoir microbicide à la stérilisation de l'air; les remarques et observations faites, relativement à la stérilisation de l'eau, s'appliquent presque intégralement à la stérilisation de l'air.

Pour stériliser l'air, on doit donc avoir un contact intime avec l'ozone, de telle sorte que chaque particule d'air subisse favorablement l'action de l'ozone, et cela pendant un temps suffisamment long.

Les appareils permettant d'obtenir la stérilisation de l'air sont basés, soit sur le passage de l'air dans le champ des effluves électriques, afin de réaliser l'action microbicide cherchée, soit sur l'envoi de l'ozone, convenablement préparé, dans l'enceinte ou dans le récipient contenant l'air à stériliser.

Certaines conditions spéciales sont favorables à l'installation et à la marche régulière de la stérilisation de l'air par l'ozone. Il faut:

1° Préparer, s'il y a lieu, l'air avant sa stérilisation par un dégrossissement, sur ouate, par exemple, pour éliminer les matières organiques et poussières diverses en suspension (par parallélisme avec la stérilisation de l'eau);

2° Éviter, dans la production de l'ozone, la formation des composés oxygénés de l'azote, nuisibles à l'organisme, en particulier aux organes respiratoires ;

3° Employer un système de stérilisateur permettant d'obtenir un contact intime de l'ozone avec l'air, pendant un temps suffisant, et la stérilisation parfaite d'un volume d'air déterminé avec le minimum d'ozone;

4° Régler dosimétriquement la quantité d'ozone à employer par mètre cube d'air à stériliser.

§ 2. — **Divers emplois industriels de l'ozone.**

En dehors de la stérilisation de l'air et de l'eau, l'ozone a de nombreux emplois dans l'industrie, souvent cachés, avec un soin jaloux, par l'industriel qui applique l'ozone dans ses usines, au profit de sa fabrication.

L'ozone trouve un emploi avantageux dans les applications qui réclament un oxydant énergique, ou une diminution dans la durée des opérations pour réaliser des économies.

Souvent, dans l'emploi industriel de l'ozone, en dehors des questions de température, de contact, de véhicule, de teneur en ozone de l'air ozoné, de vitesse du courant gazeux, il est nécessaire d'utiliser les actions de l'ozone combinées à celles d'autres corps, étudiées à cet effet, pour obtenir le résultat cherché.

Actuellement, l'ozone est utilisé dans le vieillissement des alcools, le traitement et la conservation des moûts de raisin, le raffinage du sucre, la

Digitized by Google

conservation et le transport des poissons vivants, la fabrication des parfums artificiels, la préparation du camphre artificiel, le blanchiment des farines, la préparation des matières colorantes, le traitement de certaines graisses, le blanchiment des fibres textiles et des tissus, la fabrication de la soie artificielle.

L'ozone a été préconisé également dans le traitement et le vieillissement du café et du tabac, dans l'oxydation des huiles siccatives, a stérilisation du linge et des objets divers; en teinture, dans la fixation des matières colorantes; dans les chambres d'oxydation; dans la préparation du permanganate de potasse, et d'autres produits chimiques, etc.

Nous allons examiner, à titre d'exemples, quelques-unes des applications industrielles de l'ozone.

1. *Transport et conservation de poissons vivants.* — Le transport des poissons sur de longs parcours présente, au point de vue économique, un intérêt particulier pour les transactions nationales et internationales.

Par suite de l'altération rapide du poisson mort, on est obligé d'avoir recours à des dispositions d'appareils frigorifiques, à des véhicules spéciaux destinés au transport de ces poissons, ou à des préparations particulières.

Il est certain que le transport des poissons vivants présenterait un avantage incontestable. Mais l'eau courante est nécessaire à la vie des poissons, et l'eau non renouvelée ne permet pas d'effectuer le transport des poissons vivants sur de longs parcours, en particulier pour certaines espèces délicates.

On est parvenu à effectuer le transport et la conservation des poissons vivants sur de grands parcours en faisant passer convenablement un courant d'ozone dans de l'eau renfermant les poissons vivants, contenue dans un wagon-citerne, disposé à cet effet.

Des essais industriels, effectués tant en France qu'à l'étranger, ont été satisfaisants.

2. *De l'ozone dans le traitement et la conservation des moûts de raisin.* — L'ozone a été proposé pour éliminer le bisulfite de potasse introduit dans les moûts de raisin, au moment des vendanges et pour assurer leur conservation.

On peut ainsi conserver des moûts et les employer au moment favorable, soit à la fabrication de produits du raisin, tels que mistelles et vins de liqueurs par alcoolisation, soit à la fabrication des vins, par fermentation, au moyen des levures sélectionnées ou autres.

Des moûts de raisin à 150 grammes de bisulfite de potasse ne pourraient être employés, par suite du goût absolument désagréable qui en résulterait; la chaleur permet bien l'élimination du bisulfite, mais, comme on le sait, elle laisse généralement au moût, et par suite au vin de liqueur ou autre, un goût de cuit également désagréable.

En faisant passer convenablement un courant d'ozone, à froid, dans le moût bisulfité, le bisulfite est complètement éliminé par transformation, sous l'influence oxydante de l'ozone, et le moût ainsi traité ne présente aucun goût d'ozone ou de cuit.

Des traitements industriels sur des moûts de raisin ont donné des résultats qui peuvent avoir des conséquences importantes.

3. *Fabrication du camphre artificiel par l'ozone.* — Par suite de la hausse du camphre, résultant de la consommation croissante et de la monopolisation japonaise, on a cherché à le fabriquer industriellement, par synthèse, et certains procédés utilisent l'ozone dans la préparation du camphre artificiel.

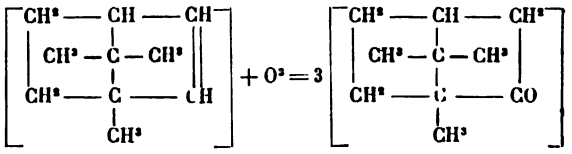
Le camphre synthétique peut être obtenu par l'action de l'ozone, suivant deux méthodes différentes :

1° Action de l'ozone sur le camphène isomère du térébenthène.

La transformation du camphène en camphre se fait directement, suivant la réaction :

$$3\,C^{10}H^{16} + O^3 = 3\,C^{10}H^{16}O,$$

ou, en formules de constitution :

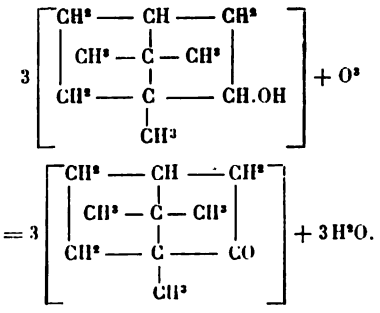


2° Action de l'ozone sur l'isobornéol en solution dans de l'acide acétique par exemple :

L'équation de formation du camphre est :

$$3\,(C^{10}H^{18}O) + O^3 = 3\,C^{10}H^{16}O + 3\,H^2O,$$

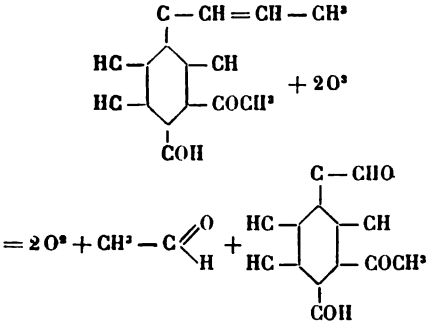
ou, en formules de constitution :



4. *Fabrication de certains parfums artificiels par l'ozone.* — L'ozone est employé dans la fabrication des parfums artificiels; les résultats obtenus sont pratiquement industriels, et plus de 100.000 ki-

Digitized by Google

logs de parfums ont été ainsi fabriqués. Dans l'obtention de la vanilline, on a recours à la réaction oxydante produite par l'ozone sur l'iso-eugénol :



L'iso-eugénol, dissous dans l'acide acétique et mélangé à l'eau, est traité par un courant d'ozone; on distille dans le vide pour éliminer cet acide acétique, puis on traite la masse, qui contient alors la vanilline, par du bisulfite de soude, afin de former une combinaison bisulfitique avec la vanilline obtenue. On lave à l'éther, et on sépare par décantation la combinaison bisulfitique qui, chauffée vers 90°, puis traitée par de l'acide sulfurique étendu, fournit la vanilline sous forme d'une couche huileuse surnageante. La vanilline est recueillie par épuisement, purifiée par distillation dans le vide, et cristallisée.

En dehors de la vanilline, on utilise l'ozone dans la préparation de l'héliotropine ou pipéronal, en le faisant réagir sur l'isosafrol; les réactions chimiques et le processus opératoire sont analogues à la préparation de la vanilline par l'ozone.

Dans la fabrication industrielle de l'aubépine, ou aldéhyde anisique, on utilise l'action de l'ozone sur l'iso-estragol ou anéthol.

5. *Emploi de l'ozone dans la fabrication de la soie artificielle.* — On sait que la soie artificielle, obtenue au moyen du coton ordinaire (et non avec le coton azotique), est fabriquée à l'aide d'une dissolution de cellulose dans la liqueur cupro-ammoniacale, qu'on force à passer dans des filières laissant échapper un fil qui se coagule dans un réactif approprié.

La dissolution de cellulose, qui doit avoir les qualités de filabilité désirée, est généralement longue à se produire dans la liqueur cupro-ammoniacale, sous peine d'avoir une dissolution non filable.

Dans son procédé industriel, qui fonctionne à Flaviac (Ardèche), M. E. Crumière fabrique rapidement des dissolutions filables de cellulose dans la liqueur cupro-ammoniacale en traitant, au préalable, le coton par un courant d'ozone, convenablement employé, avec le concours d'une lessive de soude caustique.

La dissolution de cellulose, ainsi préparée, fournit économiquement, après filature et traitement électrolytique spécial, un fil de soie artificielle résistant et homogène.

6. *Blanchiment et conservation des farines.* — Dans l'achat des farines, on recherche des produits bien blancs, et les farines fleurs, de première qualité, sont d'une blancheur caractéristique.

Les farines bien blanches acquérant une plus-value, on a cherché à blanchir certaines farines dépréciées.

On a, en particulier, préconisé, à cet effet, le blanchiment par l'ozone.

Nous savons que, dans certains congrès, la question du blanchiment des farines par l'ozone a fait l'objet de discussions diverses; mais nous pouvons affirmer qu'actuellement l'ozone est employé, pour blanchir les farines, dans de nombreuses usines, tant en France qu'à l'Étranger.

Souvent on mélange des farines naturellement blanches avec des farines blanchies par l'ozone, suivant des proportions variables.

A différentes reprises, nous avons eu l'occasion de nous rendre compte, dans des minoteries, de l'action surprenante de blanchiment produite par l'ozone convenablement associé et employé.

H. de la Coux,
Ingénieur-Chimiste Expert,
Inspecteur de l'Enseignement technique au Ministère du Commerce et de l'Industrie.

Digitized by Google

REVUE ANNUELLE DE PHYSIOLOGIE

PREMIÈRE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

I. — Questions d'intérêt général.

§ 1. — Bibliographie.

A partir du 1er janvier 1908, le *Journal of Anatomy and Physiology* sera publié en deux sections séparées, une d'Anatomie (*Anatomical Part*) et une de Physiologie, y compris l'Histologie et la Chimie physiologiques (*Physiological Part*). Cette partie physiologique sera dirigée par E. A. Schäfer, d'Edimbourg, avec la collaboration de F. Gotch, d'Oxford, W. D. Halliburton, de Londres, C. S. Sherrington, de Liverpool, et E. H. Starling, de Londres.

Parmi les nouveaux périodiques dans lesquels le physiologiste pourra trouver des travaux l'intéressant, citons :

a) *Biologica*, recueil d'études de Biologie, dirigé par Giglio-Tos. Turin, C. Clausen ;

b) *Bulletin biologique*, feuille de renseignements pour biologistes, paraissant deux fois par mois en langue russe, avec texte parallèle français, allemand ou anglais, publié par M. Saint-Hilaire, à Jurjew (Dorpat);

c) *Annales de Biologie lacustre*, Bruxelles;

d) *Zentralblatt für die gesammte Physiologie und Pathologie des Stoffwechsels*. Berlin, Urban et Schwarzenberg;

e) *Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre*, publié sous la direction de R.H. Francé, à Munich. Stuttgart, Franckh;

f) *Science progress in the twentieth century, a quarterly journal of scientific work and thought*. London, J. Murray (articles de : Hardy : The physical basis of life; Bayliss : The nature of enzyme action; Inman : Science in medicine; Starling : The cheminal coordination of the activities of the body; Philip : Recent experimental work on osmotic pressure; Dendy : The pineal gland, etc.).

Citons quelques ouvrages d'enseignement classique :

Le *Traité élémentaire de Physiologie* de Mathias Duval (Paris, J.-B. Baillière et fils), dont la 9e édition a été refondue entièrement par E. Gley, de manière à constituer un livre nouveau;

André Broca : *Précis de Physique médicale*;

Deux traités allemands *d'Anatomie et de Physiologie des Mammifères domestiques*, à l'usage des vétérinaires, par Disselhorst (Berlin, Paul Parey) et Osc. Hagemann (Stuttgart, Ulmer).

Un traité de manipulations à l'usage des étudiants :

Max Verworn : *Physiologisches Praktikum für Mediziner*. Iena, Fischer.

Citons plusieurs traités généraux s'adressant aux physiologistes :

F. Bottazzi : *Principii di Fisiologia. I, Chimica fisica*. (Soc. editr. Milano-Napoli-Roma);

Victor Henri : *Cours de Chimie physique, suivi d'applications à la Chimie et à la Biologie*. Paris, Hermann;

H. Boruttau : *Die Elektrizität in der Medizin und Biologie*. Wiesbaden, Bergmann;

A. Cotton et H. Mouton : *Les ultramicroscopes et les objets ultramicroscopiques*. Paris, Masson.

Deux volumes de travaux :

Festschrift Olaf Hammarsten gewidmet, volume jubilaire contenant 22 mémoires originaux, publié à l'occasion du 65e anniversaire de naissance du professeur O. Hammarsten ;

Christian Lovén : *Anatomische und physiologische Arbeiten*. Leipzig, Veit.

Parmi les nombreuses monographies pouvant intéresser le physiologiste :

Jacques Loeb : *The Dynamics of living matter*. New-York et Londres;

O. Fischer : *Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper*. Leipzig, Teubner;

Krehl : *Ueber die Störung chemischer Korrelationen im Organismus*. Leipzig, Vogel;

Paul Jensen : *Organische Zweckmässigkeit, Entwicklung u. Vererbung vom Standpunkte der Physiologie*. Iena, Fischer;

Fr. Strecker : *Das Kausalitätsprincip der Biologie*. Leipzig, Engelmann;

Gust. Jacoby : *Ueber Entstehung und Entwickelung des Lebens*. Leipzig, Jacoby;

Wilhelm Fliess : *Der Ablauf des Lebens, Grundlegung zur exakten Biologie*. Vienne, Deuticke;

Jacques Loeb : *Untersuchungen über künstliche Parthenogenese*. Leipzig, J. A. Barth;

Kuckuck : *Die Lösung des Problems der Urzeugung*. Leipzig. Barth ;

C. Correns : *Ueber Vererbungsgesetze, Vortrag*, etc. Berlin, Bornträger;

E. Korschelt : *Regeneration und Transplantation*. Iena, Fischer;

Ch. Debierre : *Le cerveau et la moelle épinière*. Paris, Alcan;

Digitized by Google

G. Sabatier : *Le duplicisme humain.* Paris, Alcan;

Mairet et Florence : *Le travail intellectuel et les fonctions de l'organisme.* Paris, Masson;

H. de Vries : *Der Mechanismus des Denkens.* Bonn, Hager;

M. Lewandowsky : *Die Funktionen des zentralen Nervensystems.* Iena, Fischer;

Silvestro Baglioni : *Zur Analyse der Reflexfunktion.* Wiesbaden, Bergmann;

P. Schiefferdecker : *Neurone und Neuronenbahnen.* Leipzig, J. A. Barth;

Semi Meyer : *Der Schmerz.* Wiesbaden, Bergmann;

V. Urbantschitsch : *Ueber subjective optische Anschauungsbilder.* Vienne, Deuticke;

E. von Cyon : *Die Nerven des Herzens. Ihre Anatomie und Physiologie* (Trad. remaniée). Berlin, Springer;

S. Tawara : *Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens.* Iena, Fischer;

Pierre Bonnier : *La voix, sa culture physiologique, théorie nouvelle de la phonation.* Paris, Alcan;

G. Lapon : *Recherches expérimentales sur le diabète et la glycogénie.* Toulouse;

E. Laguesse : *Le pancréas.* Lyon, A. Storck;

A. Pepere : *Le ghiandole paratiroïdee.* Turin.

G. H. Roger : *Alimentation et Digestion.* Paris, Masson;

A. Calmette : *Les venins, les animaux venimeux et la sérothérapie antivenimeuse.* Paris, Masson.

§ 2. — Nécrologie.

Depuis notre dernière revue, nous avons eu à déplorer la mort de :

Setschenow, ancien professeur de Physiologie, à Moscou;

Sir Michael Foster, ancien professeur de Physiologie à Trinity College, Cambridge (Angleterre), et Président d'honneur perpétuel des Congrès internationaux de Physiologie;

Alexandre Herzen, professeur de Physiologie à l'Université de Lausanne;

Giuseppe Pugliatti, ancien professeur extraordinaire de Physiologie à l'Université de Messine;

Edward G. Geddins, professeur de Physiologie et de Pathologie à l'Université d'Augusta (Géorgie);

Owssjannikow, ancien professeur de Physiologie et de Pathologie générale, à Saint-Pétersbourg;

Rich. Neumeister, ancien professeur de Chimie physiologique à l'Université allemande de Prague;

Charles N. Gwynne, ancien lecteur de Physiologie à l'Ecole médicale de Sheffield.

Citons, parmi les morts de l'année, quelques anatomistes ou cliniciens dont l'activité scientifique s'était étendue au domaine de la Physiologie :

Mathias Duval, professeur d'Histologie à la Faculté de Médecine de Paris, auteur d'un traité classique de Physiologie;

Charles Féré, médecin de l'hôpital de Bicêtre;

N. Vaschide, directeur adjoint du Laboratoire de Psychologie pathologique de Villejuif;

Charrin, professeur de Pathologie générale et comparée au Collège de France;

J. E. Hitzig, ancien professeur de Psychiatrie à Halle;

E. Javal, membre de l'Académie de Médecine de Paris;

G. Buchanan, ancien professeur de Chirurgie à Glasgow.

Mentionnons aussi la mort :

Du curé Dzierzon, connu par sa découverte de la parthénogénèse chez les abeilles;

Du chimiste Marcelin Berthelot, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (travaux de Chimie organique);

Du chanteur Manuel Garcia, l'inventeur du laryngoscope.

§ 3. — Congrès international de Physiologie.

Le grand événement de l'année pour les physiologistes a été la réunion du *VIIe Congrès international de Physiologie*, qui a tenu ses séances du 13 au 16 août 1907, à Heidelberg, dans les locaux de l'Institut de Physiologie du Professeur Kossel et dans ceux des Instituts voisins d'Anatomie, de Chimie et de Minéralogie de l'Université.

Le président du Congrès, le Professeur A. Kossel, n'est pas un inconnu pour les lecteurs de cette *Revue*. Il résumait ici même, il n'y a pas longtemps, les découvertes et les progrès réalisés au cours des dernières années dans le domaine de la chimie des matières albuminoïdes, progrès auxquels ses travaux et ceux de ses élèves ont tant contribué. M. Kossel, secondé par un Comité local officieux, comprenant le Dr H. Plenge et les Professeurs O. Cohnheim et H. Steudel, avait admirablement organisé les séances du Congrès.

Le Congrès s'est ouvert par une allocution du Professeur Kossel. Après avoir souhaité la bienvenue à l'assemblée, l'orateur a fait d'une façon magistrale l'histoire du développement de la Chimie physiologique comme science autonome. On trouvera le texte (traduction) de cette intéressante dissertation dans le *Compte rendu* dont nous parlons plus loin.

Vu le nombre élevé des communications orales, le Congrès était divisé en *Sections*, siégeant simultanément chaque jour, de 9 à 12 heures et de 2 à 5 heures, dans quatre locaux différents : A. *Grand Amphithéâtre de l'Institut de Chimie*, pour la plupart des communications se rapportant à la Chimie

Digitized by Google

physiologique; B. *Amphithéâtre de l'Institut de Minéralogie* (ancien auditoire de Helmholtz), pour les communications sur la physiologie du cœur et des vaisseaux, la mécanique respiratoire, etc.; C. *Amphithéâtre de l'Institut d'Anatomie* (ancien auditoire de Gegenbauer), pour les communications sur les sécrétions, tant externes qu'internes, les échanges gazeux de la respiration, la digestion, etc.; D. *Amphithéâtre de l'Institut de Physiologie* (ancien auditoire de Kühne, actuellement occupé par Kossel), pour les communications et démonstrations sur les systèmes nerveux et musculaire, les organes des sens, etc.

Ces communications furent accompagnées de démonstrations d'appareils, de planches, de diapositifs, de projections galvanométriques, etc. Les expériences compliquées, notamment celles de vivisection, étaient préparées et démontrées dans des salles voisines des amphithéâtres, principalement dans les salles de l'Institut de Physiologie.

Comme dans les Congrès précédents, la virtuosité opératoire des physiologistes anglais a fait l'admiration de tous. Comme dans les congrès précédents aussi, la plupart des membres ont trouvé qu'il y avait exagération du nombre de communications orales, non accompagnées de démonstrations. Les auteurs de ces communications perdent de vue que le but des Congrès de Physiologie n'est pas de faire concurrence aux différentes Revues de Physiologie, comme mode de publication des travaux de Physiologie. Le Règlement du Congrès stipule formellement, dans son article 4, que les communications auront un caractère *démonstratif et expérimental*. L'article 5 déclare qu'il ne sera pas publié de *compte rendu officiel* des travaux du Congrès, précisément pour éviter que les conférences et dissertations purement verbales ne prennent la place des démonstrations expérimentales. Cette déviation de l'orientation et du caractère primitif des Congrès de Physiologie a atteint une telle exagération qu'elle a suscité des protestations. MM. Tigerstedt, d'Helsingfors, et Verworn, d'Iéna, ont proposé qu'à l'avenir les séances fussent uniquement consacrées à des *démonstrations expérimentales*, à l'exclusion des *communications* purement *verbales*. La proposition a été appuyée et renvoyée à l'examen d'une Commission formée du bureau du prochain Congrès.

Hâtons-nous d'ajouter que le Congrès d'Heidelberg a été particulièrement brillant tant par le nombre considérable de ses participants que par l'intérêt, l'importance et la variété des communications scientifiques, et aussi par l'éclat des fêtes que la Ville et l'Université d'Heidelberg avaient organisées en l'honneur des membres du Congrès.

On peut dire que tous les grands problèmes de la Physiologie qui sont à l'ordre du jour ont été discutés et étudiés au Congrès d'Heidelberg. Je ne puis mieux faire qu'en prenant, comme canevas de cette Revue annuelle, le *Compte rendu du Congrès* qui vient de paraître dans les *Archives internationales de Physiologie* (vol. V, fasc. IV, 5 octobre 1907, p. 1-142, 3 fig.). Il me suffira de quelques additions pour passer en revue les principaux progrès réalisés récemment dans le domaine physiologique. Les citations abrégées (C. R. Congr. Physiol.) que je donne plus loin se rapportent à cette publication.

Le grand-duc Frédéric de Bade, qui vient de mourir, était déjà trop souffrant pour pouvoir recevoir les membres du Congrès. Il en avait exprimé le regret et avait témoigné tout l'intérêt qu'il portait à leurs travaux, en faisant frapper une médaille à l'effigie de Helmholtz, médaille offerte à tous les membres du Congrès.

Dans sa séance de clôture du 16 août, le Congrès a décidé que sa prochaine réunion (VIIIe Congrès international) se tiendrait à la Pentecôte de 1910, à l'Institut de Physiologie de l'Université de Vienne, sous la présidence du Professeur S. Exner.

Quelques légers changements ont été faits dans le personnel du Comité international. Il a été complété par l'adjonction de MM. Ocaña (Madrid) et Tigerstedt (Helsingfors). M. Starling, de Londres, a été nommé secrétaire général pour la langue anglaise, en remplacement de M. Sherrington, de Liverpool, démissionnaire.

Le *Comité international directeur* du VIIIe Congrès sera composé de la façon suivante :

MM. Sigm. Exner (Vienne), *président*;

Léon Fredericq (Liége), Paul Heger (Bruxelles), Albrecht Kossel (Heidelberg), Hugo Kronecker (Berne), Angelo Mosso (Turin), *anciens présidents*;

Bohr (Copenhague), Bowditch (Boston, U. S. A.), Cybulski (Cracovie), Einthoven (Leyde), Hensen (Kiel), Johanssen (Stockholm), Langley (Cambridge, Angleterre), Luciani (Rome), Mislawsky (Kazan), Nicolaïdes (Athènes), Ocaña (Madrid), Prevost (Genève), Richet (Paris), Sherrington (Liverpool), Tigerstedt (Helsingfors), Wedensky (Saint-Pétersbourg), *membres*.

Dastre (Paris), Fano (Florence), Grützner (Tubingue), Porter (Boston, U. S. A.), Starling (Londres), *secrétaires généraux*.

§ 4. — Instituts scientifiques.

1. *Institut Marey* (*pour le contrôle des instruments enregistreurs et l'unification des méthodes en Physiologie*). — Nous avons sous les yeux le *Rapport* de M. Carvallo, présenté au Congrès d'Heidelberg, au nom de l'*Association de l'Institut Marey*.

Nous y voyons qu'à la suite du décret par leque

Digitized by Google

le Gouvernement français accordait à l'Institut Marey la reconnaissance d'utilité publique, des démarches furent faites auprès de la Ville de Paris afin d'obtenir la transformation de la concession du terrain, faite à titre précaire à l'Institut Marey, en une concession permanente, ou tout au moins de très longue durée. Le Conseil municipal de Paris a assuré à l'Institut Marey, par une délibération en date du 11 avril 1907, la jouissance, pour une période de soixante-cinq ans, de 3.000 mètres carrés de terrain, y compris la surface sur laquelle se trouve bâti l'Institut.

La Commission de l'Institut Marey s'est complétée par l'adjonction de quatorze nouveaux membres. Le nombre de ses membres est actuellement de trente-deux.

Onze pour la France : MM. Amagat, Carvallo, Chauveau, Darboux, Dastre, Levy, Lippmann, Richet, Roux, Weiss et Wertheimer; cinq pour l'Allemagne : MM. Engelmann, Grützner, Hürthle, Langendorff et Schenck; un pour l'Amérique : M. Bowditch; trois pour l'Angleterre : MM. Langley, Sherrington et Waller; un pour l'Autriche : M. Exner; trois pour la Belgique : MM. Fredericq, Heger et Solvay; un pour l'Espagne : M. Cajal; un pour la Hollande : M. Einthoven; un pour l'Italie : M. A. Mosso; un pour la Roumanie : M. Athanasiu; deux pour la Russie : MM. Mislawsky et Tigerstedt; un pour la Suède : M. Johannsen; un pour la Suisse, M. Kronecker.

Quant au bureau de l'Institut, il est composé de la façon suivante :

Président honoraire : M. Chauveau;
Président et directeur : M. Kronecker;
Vice-président : M. Richet;
Administrateur-trésorier: M. Weiss,
Secrétaire et sous-directeur : M. Carvallo.

Cette année, plusieurs physiologistes français et étrangers, MM. Einthoven, Langendorff, Carvallo, Bull, Noguez sont venus, du 20 au 22 mai, faire à l'Institut Marey une série de démonstrations du plus haut intérêt. Cet essai a pleinement réussi : aussi a-t-on décidé d'organiser chaque année des séances analogues où les physiologistes auront, dans l'intervalle des Congrès internationaux de Physiologie, l'occasion de faire la démonstration de leur technique, de leurs appareils et de leurs expériences. Ces séances auront principalement lieu à l'époque des congés de la Pentecôte.

Le 18 mai 1907, a été inaugurée, à l'Institut Marey, une exposition internationale et permanente d'appareils de Physiologie. L'institut Marey devient ainsi, en même temps qu'un centre de recherches techniques, un musée expérimental. Les directeurs des laboratoires de Physiologie et des sciences qui s'y rapportent, ainsi que les constructeurs, sont autorisés à envoyer à l'Institut Marey des appareils pour les exposer, les essayer, et en faire la démonstration par des personnes compétentes. Les résultats de ces opérations seront publiés dans le *Bulletin* de l'Institut Marey.

Les appareils reconnus utiles par le Conseil d'Administration seront définitivement admis dans les salles d'Exposition de l'Institut Marey.

Le Comité de l'Institut Marey a pris l'initiative d'élever, au Parc des Princes, un monument à J.-E. Marey, le fondateur de l'Institut, et a ouvert à cet effet une souscription. Les fonds peuvent être adressés à M. le Dr Carvallo, sous-directeur de l'Institut Marey (avenue Victor-Hugo, Parc des Princes, Boulogne-sur-Seine, près Paris).

2. *Institut Mosso du col d'Olen.* — On sait qu'il existe depuis plusieurs années un petit laboratoire international de Physiologie, installé par le Professeur Angelo Mosso à la *Capanna Regina Margherita*, près du sommet du Mont-Rose.

Un grand laboratoire de Biologie alpine, ayant également un caractère international, vient d'être construit, grâce aux démarches du Professeur A. Mosso, à plus de 3.000 mètres d'altitude, au col d'Olen, près d'Alagna, sur le versant italien du massif du Mont-Rose.

Le Congrès d'Heidelberg avait demandé au Gouvernement italien de donner le nom d'*Institut Mosso* au nouveau Laboratoire de Physiologie du col d'Olen, en reconnaissance des services rendus par l'éminent professeur de Turin à la science de l'Alpinisme.

La demande a été accordée : l'Institut Mosso a été inauguré solennellement le 27 août 1907, en présence de la reine-mère Marguerite; il est dès à présent ouvert aux recherches.

Le bâtiment se compose d'un corps principal de 26 mètres de façade et de deux corps avancés ayant une profondeur de 15 mètres. Il a trois étages. Il comprend des laboratoires de Physiologie, de Bactériologie, de Zoologie, de Botanique, un observatoire de Météorologie, une bibliothèque, etc., ainsi que des logements pour le personnel et pour les savants admis à y travailler.

Un certain nombre de gouvernements et d'institutions scientifiques ont déjà loué des places à l'Institut Mosso, ce qui leur assure le droit d'y faire admettre des travailleurs.

Les savants qui désirent occuper un poste de travail au laboratoire du col d'Olen doivent s'adresser, avant le 25 juillet de chaque année, au président de la Commission d'administration, le Professeur A. Mosso (*Corso Raffaelo*, 30, *Turin*), en indiquant l'objet des recherches, leur durée probable et les instruments nécessaires. Chaque

Digitized by Google

demande doit être accompagnée de l'approbation de l'Institut ou du Gouvernement dont dépend le poste d'étude. Il sera prudent de demander à l'avance des renseignements au directeur de l'Institut Mosso, le Dr Aggazzotti (*Corso Raffaelo*, 30, *Turin*), relativement aux instruments qui sont disponibles pour les diverses recherches.

II. — Physiologie générale.

§ 1. — Les Hormones, agents chimiques de coordination organique.

Starling[1] a proposé la dénomination d'*hormones* (de ὁρμάω = j'excite) pour désigner les *agents chimiques* qui, transportés par le sang chez les animaux supérieurs, assurent la *coordination* de l'activité d'organes éloignés. Dans d'autres cas, cette coordination est assurée, comme on sait, par l'intervention du système nerveux central. Les *hormones* jouent donc un rôle analogue à celui du système nerveux.

Certains exemples de coordination par action chimique sont connus depuis longtemps. Comment le muscle qui travaille se procure-t-il le supplément d'oxygène dont il a besoin? Nous savons que la contraction musculaire produit de l'acide carbonique en grande quantité : c'est ce CO^2 qui agit comme *hormone* sur le centre respiratoire et assure, par son intermédiaire, une augmentation de la ventilation pulmonaire et de l'apport d'oxygène.

La *sécrétine*, découverte par Bayliss et Starling, est un autre exemple d'*hormone*. La bouillie acide qui provient de la digestion gastrique, pénétrant dans le duodénum, provoque dans l'épithélium intestinal la formation de sécrétine. La sécrétine, transportée par le sang au foie et au pancréas, excite l'activité des cellules glandulaires et détermine une abondante sécrétion de suc pancréatique et de bile.

C'est par un mécanisme analogue qu'est réalisée la seconde phase de la sécrétion gastrique, celle à laquelle Pawlow a donné le nom de *sécrétion réflexe*, sécrétion consécutive, comme on le sait, à l'introduction dans l'estomac, soit d'extrait de viande, soit de propeptone. Edkins a démontré qu'il s'agissait ici aussi de la formation, dans l'épaisseur de la muqueuse pylorique, d'une *sécrétine* spéciale, formée par l'action excitante locale exercée sur l'épithélium pylorique par l'extrait de viande ou par la propeptone. Cette *sécrétine* est transportée par le sang jusqu'aux glandes à pepsine, dont elle excite la sécrétion.

Un exemple d'action chimique analogue, découverte tout récemment, nous est donné par l'hypertrophie de la glande mammaire qui se produit pendant la grossesse. L'influence du système nerveux peut être mise hors de cause ici, par section ou destruction de la moelle épinière à sa région moyenne. Les effets merveilleux obtenus chez des femelles vierges de mammifères par des injections d'extraits d'organes fœtaux ont établi qu'il s'agit d'une action humorale, rentrant dans la catégorie des *hormones*. Starling et Lane-Claypon ont démontré que l'hormone qui provoque, pendant la grossesse, le développement hypertrophique de la glande mammaire est fabriquée dans le corps de l'embryon, qu'elle pénètre dans l'organisme maternel par la voie du placenta, et est ensuite transportée par le sang aux mamelles maternelles.

L'inhibition de la sécrétion lactée, tant que dure la grossesse, et son établissement aussitôt que la gestation est arrivée à son terme, seraient dues également à l'intervention d'une *hormone* (peut-être identique avec la précédente?), formée selon Halban dans les papilles du chorion et dans le placenta. Dès que le fœtus est expulsé, l'action de cette hormone cesse de se faire sentir sur l'organisme maternel, et la sécrétion des glandes mammaires hypertrophiées n'est plus enrayée.

Starling et Lane-Claypon ont démontré que la sécrétion lactée s'établit chez la lapine lorsque l'interruption de la gestation est provoquée au moins quinze jours après la conception.

Les phénomènes de sécrétion interne dont les capsules surrénales, la thyroïde, le pancréas, l'hypophyse sont le siège rentrent dans la catégorie des actions hormoniques. Il s'agit ici d'hormones agissant non plus sur un organe déterminé, mais sur l'ensemble de l'organisme. Ainsi l'adrénaline des surrénales, substance relativement simple, que l'on a pu préparer synthétiquement, provoque la contraction de tous les vaisseaux du corps.

§ 2. — Nomenclature des matières protéiques ou protéines.

La question de la nomenclature des matières protéiques a longuement occupé l'une des sections du Congrès. Cette nomenclature a été codifiée par une Commission émanant à la fois de la *Physiological Society* et de la *Chemical Society* de Londres.

La Commission condamne les termes de *protéide* et d'*albuminoïde*, comme ayant été employés dans plusieurs sens. Elle propose le mot de *Protéine*, comme terme tout à fait général, s'appliquant à tout le groupe des substances en question. Si le terme *albuminoïde* est employé malgré tout, il devra être regardé comme synonyme de *Protéine*.

Les *Protéines* se diviseraient en huit sous-classes :

1° *Protamines* : salmine, sturine, etc.;

[1] *Zentr. f. d. ges. Physiol. u. Pathol. d. Stoffwechsels*, nos 5/6, 1907. *C. R. Congrès*, p. 109.

Digitized by Google

2° *Histones* : précipitation par AzH^3;

3° *Albumines* : sérum-albumine, ovalbumine;

4° *Globulines* : sérum-globuline, fibrinogène, ainsi que certains dérivés, notamment la fibrine, la myosine;

5° *Scléroprotéines* : ce mot nouveau prend la place du mot *albuminoïde* employé en Allemagne, ou encore *albumoïde* employé par Armand Gautier pour désigner des matières d'origine squelettique, peu solubles : kératine, élastine, collagène, gélatine, etc.;

6° *Phosphoprotéines* : substances dont la partie phosphorée n'est pas de la vraie nucléine, et pour lesquelles le préfixe *nucléo* employé jusqu'à présent est incorrect : vitelline, caséine, caséinogène;

7° *Protéines conjuguées* : ce sont les *protéides* de Hoppe-Seyler.

a) *Nucléo-protéines*; b) *glyco-protéines*, par exemple la mucine; c) *chromo-protéines*, par exemple les hémoglobines;

8° *Dérivés des protéines par protéine-hydrolyse* (terme plus correct que *protéolyse*) : a) *méta-protéines* (albumines acides ou alcalines); b) *protéoses*, c'est-à-dire albuminoses, globuloses, gélatoses, avec les subdivisions proto, hétéro, deutéroprotéoses. La dénomination de propeptone est abandonnée; c) *peptones*, non précipitées par Am^2SO^4 à saturation; d) *polypeptides*, notamment les polypeptides de synthèse.

§ 3. — Colloïdes.

L'étude des propriétés physiques des colloïdes est en ce moment à l'ordre du jour parmi les physiologistes. Dans la série des communications faites à ce sujet au Congrès d'Heidelberg par Herzog, Fano, Bechold, Rona, etc., les deux suivantes nous ont paru dignes d'être notées ici.

1. *Ultrafiltration des colloïdes.* — On admet assez généralement que les substances dites colloïdes ne forment pas de vraies solutions, mais des *pseudo-solutions*, dans lesquelles leurs particules sont simplement suspendues. Un éclairage latéral très intense, limité à une aire très restreinte, fait apparaître, par l'emploi de l'*ultramicroscope*, les particules suspendues dans beaucoup de colloïdes, sous formes de points brillants animés de mouvements browniens. La filtration sous pression à travers des cloisons poreuses très compactes est également capable, comme on sait, d'enlever les particules colloïdes au véhicule aqueux dans lequel elles sont tenues en suspension.

H. Bechold[1] a systématiquement étudié la séparation fractionnée des colloïdes au moyen de filtres spéciaux. Il a donné à ce procédé le nom d'*ultrafiltration*. Les mélanges de colloïdes ou de colloïdes et de cristalloïdes, contenant des particules de diverses dimensions, sont filtrés sous pression à travers des filtres spéciaux, formés de papier ou d'étoffes imprégnés de gelée et tendus sur des entonnoirs *ad hoc*. Ces filtres sont plus ou moins perméables suivant la concentration de la gelée employée.

L'expérience suivante a été exécutée par Bechold devant le Congrès. Une solution colloïdale de bleu de Prusse est mélangée avec une solution d'hémoglobine, de manière à former un mélange verdâtre. Ce mélange est versé sur deux filtres inégalement perméables et filtré sous pression légère. Le filtre le plus serré retient les deux substances et laisse passer de l'eau claire; le filtre le moins serré retient le bleu de Prusse et laisse passer l'hémoglobine seule (solution rouge).

2. *Précipitation physique par adsorption des colloïdes albumineux.* — Rona et Michaelis ont utilisé la propriété que présentent les colloïdes de se précipiter par *adsorption* à la surface de certains corps poreux (kaolin, émulsion de mastic, etc.), pour enlever aux liquides organiques les albuminoïdes qu'ils contiennent.

Ils ont réalisé la désalbuminisation complète du sérum ou du sang, par l'addition d'une émulsion de mastic. Les particules albumineuses se fixent entièrement par adsorption sur les globules de l'émulsion, de sorte qu'il n'en reste plus dans le liquide.

§ 4. — Ferments.

L'étude des ferments solubles et de la catalyse a donné lieu à des communications et démonstrations exécutées par J. de Rey-Pailhade, Bredig, Palladin, Santesson, Rosenthal, Lyon et Terry, Dony-Henault, Charles Richet, O. von Fürth.

G. Bertrand a fait, en séance plénière du Congrès, une conférence magistrale sur les oxydases.

J. Rosenthal a trouvé que les substances capables d'être décomposées par les enzymes subissent les mêmes transformations quand on les soumet à l'action d'un champ électromagnétique d'intensité et de direction variables. Il y a lieu, selon lui, de tenir compte de ce fait dans les théories chargées d'expliquer les décompositions fermentatives.

§ 5. — Persistance, par l'effet de l'habitude, d'un rythme physiologique, après suppression de la cause qui a créé le rythme.

On sait que la valeur de la température propre de l'homme et des mammifères présente des variations périodiques diurnes très caractéristiques. La température interne est, chez l'homme, inférieure

[1] *C. R. Congrès*, p. 56.

Digitized by Google

à 37° pendant la nuit; elle atteint un minimum voisin de 36°,5 au matin. A partir du lever, elle s'élève graduellement, pour atteindre son maximum de 37°,2 environ vers le soir. L'élévation diurne de la température et son abaissement nocturne s'expliquent suffisamment par notre genre de vie : les repas, le travail musculaire et intellectuel, l'état de veille, etc., coïncident avec les heures du jour, tandis que le repos relatif de nos différents organes et le sommeil correspondent à la période nocturne.

L'homme qui travaille la nuit (mineurs, veilleurs de nuit, boulangers) présente une inversion de la courbe diurne de la température. Il en est de même des animaux nocturnes.

Le hibou a, d'après Simpson et Galbraith[1], le maximum de température interne vers minuit et le minimum au milieu du jour.

On sait aussi que ces variations périodiques de la température se montrent encore pendant plusieurs jours, quoique atténuées, par un effet de l'habitude acquise, chez les individus que l'on maintient dans un local éclairé artificiellement, et où ils mènent un genre de vie où les périodes d'alimentation, de travail, de sommeil sont également réparties sur les vingt-quatre heures.

Un fait analogue de conservation d'un rythme physiologique, malgré la suppression de la cause du rythme, a été signalé par Bohn chez les animaux littoraux des côtes soumises à la marée. Bon nombre d'animaux littoraux suivent plus ou moins les oscillations du niveau de la marée, par des déplacements actifs. Les *Convoluta Roscoffensis*, petits vers planariens de coloration verdâtre, très abondants sur les côtes sablonneuses de la Manche, exécutent un mouvement périodique et alternatif d'émersion à la surface du sable et d'enfouissement, mouvement isochrone avec celui de la marée, c'est-à-dire se produisant un peu moins de deux fois en vingt-quatre heures. Or, les *Convoluta*, maintenus en captivité dans l'aquarium, c'est-à-dire soustraits à l'influence directe de la marée, continuent, pendant de longs jours, à exécuter deux fois par vingt-quatre heures leur mouvement oscillatoire isochrone avec celui de la marée.

D'autres animaux, les littorines ou bigorneaux, présentent des variations d'état physiologique à plus longue période, ne se manifestant que tous les quatorze jours environ, au moment des grandes marées de pleine lune ou de nouvelle lune. Ici aussi, les littorines conservées en aquarium continuent à présenter la même périodicité physiologique, en vertu d'une habitude acquise, par une espèce de mémoire organique, bien curieuse.

« On enferme en morte eau des *Littorina rudis* dans un cristallisoir; ces Mollusques restent immobiles même si l'air est humide; mais le jour où, en grande marée, la mer atteint les rochers sur lesquels elles vivaient, même si l'air est sec, ils sortent de leur torpeur; en ajoutant un peu d'eau, la mise en branle est générale et instantanée. »

Les actinies littorales, conservées en aquarium, présentent des phénomènes analogues de mémoire.

M. Bohn a signalé d'autres faits curieux d'intervention des influences passées dans les mouvements actuels d'un animal. Il prend deux lots, A et B, d'œufs de crapaud ou de grenouille. Les œufs du lot A sont seuls exposés pendant plusieurs heures à une insolation intense, puis on les conserve dans les mêmes conditions que ceux du lot B. Or, un mois plus tard, on constate, à l'éclosion, que les têtards du lot A recherchent l'ombre d'une façon manifeste, à l'encontre des têtards du lot B provenant d'œufs non insolés.

M. Bohn a obtenu des modifications analogues des photoréactions chez l'*Actinia equina*. Si l'on éclaire différemment pendant plusieurs jours des Actinies, on constate ultérieurement que l'épanouissement des animaux à la lumière se produit d'autant plus longtemps que l'éclairement passé a été plus considérable.

§ 6. — Greffe ou transplantation de la patte entière chez le chien.

Alexis Carrel[1] a réussi sur un chien l'opération de la transplantation du membre postérieur tout entier : une cuisse gauche, enlevée à un chien que l'on venait de sacrifier, fut transplantée avec suture des vaisseaux, des nerfs, des muscles, etc., chez une chienne à laquelle on avait au préalable amputé la cuisse du même côté. L'animal survécut du 23 avril 1907 au 2 mai, date à laquelle il mourut de septicémie. La cicatrisation des différents tissus était très satisfaisante.

Je signale plus loin des expériences tout aussi étonnantes de transplantations de reins.

§ 7. — Technique physiologique.

Parmi le nombre énorme de communications consacrées à des perfectionnements de la Technique physiologique, nous n'en signalerons ici qu'un petit nombre. Nous en mentionnerons d'autres à propos de l'étude des fonctions des différents organes.

1. *Application nouvelle de l'appareil à force centrifuge.* — On sait les difficultés et la lenteur des opérations de dosage par pesée des précipités. Hamburger a montré que l'on peut, dans beaucoup de cas, utiliser l'appareil à force centrifuge pour déter-

[1] *J. of Physiol.*, t. XXXIII, p. 225.

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 8 juin 1907.

Digitized by Google

miner quantitativement les précipités d'après leur *volume* et non d'après leur *poids*.

Le liquide contenant le précipité est introduit dans un vase en forme d'entonnoir. Le col de l'entonnoir s'allonge inférieurement en forme de tube capillaire gradué en 100 parties. On centrifuge jusqu'à constance du volume du sédiment. Si l'on traite de la même façon un mélange analogue de composition connue, on peut, par comparaison du volume des deux sédiments, en déduire le poids du sédiment analysé.

Cette méthode est particulièrement recommandable quand il s'agit de suivre, à des températures variées, des réactions d'équilibre dans des systèmes hétérogènes, ou de déterminer dans des liquides organiques des précipités très peu abondants. Elle permet d'exécuter rapidement de nombreuses déterminations comparatives et de comparer au besoin volume et poids des précipités[1].

2. *Electro-physiologie.* — Wedensky[2], Max Cremer[3], Roaf[4], Ewald, Basler, etc., ont présenté au Congrès une série d'appareils réalisant des progrès heureux dans la technique de l'électro-physiologie.

Nous parlons plus loin de l'emploi du *galvanomètre à corde d'Einthoven*, appareil qui est en train de détrôner en Physiologie l'*électromètre de Lippmann*, comme l'*électromètre de Lippmann* avait détrôné la *boussole de Wiedemann*.

Ainsi Max Cremer[5] a montré que l'*électromètre à corde* peut être employé, comme le galvanomètre à corde d'Einthoven, pour l'étude des phénomènes électriques et, d'une manière générale, pour celle de tous les phénomènes de mouvement.

Il a appliqué également les rayons cathodiques[6] à l'étude des courants d'action.

Citons également, parmi les nouveaux appareils présentés au Congrès :

Le *sphygmographe capillaire* de Kronecker[1], le *manomètre cardiaque* de Kronecker, modifié par Zunz, le *pléthysmographe cardiaque* de Rothberger[2], le *pulsophone* de Sommer, le *pantotome* de Max Cremer[3], les *coagulomètres* de Bürker[4] et de Buckmaster[5], le *compte-globules* de Bürker, l'*appareil* d'Overton pour l'étude de l'imbibition, la *balance enregistrante* de Lombard[6], le *myélotome* de Trendelenburg[7].

3. *Chambre acoustique silencieuse.* — H. Zwaardemaker[8] a réalisé, à son laboratoire d'Utrecht, une chambre acoustique parfaitement silencieuse. Les parois sont formées de deux murs composés chacun de plusieurs couches et séparés l'un de l'autre par une mince couche d'air. Le mur intérieur est constitué, de dedans en dehors, de crin et de tuf; le mur externe, de bois, de sable, de pierre ponce et de gypse : en tout six couches, plus la couche d'air. Le plafond et le plancher sont constitués de la même manière que les murs latéraux. La chambre mesure 2,25 × 2,20 × 2,25 m. On y entre par une double porte.

Aucun bruit extérieur ne pénètre dans la chambre acoustique. Les parois ne renvoient aucun son. Le silence y est tel qu'une oreille normale entend un bourdonnement continu. Un coquillage tenu près de l'oreille ne donne aucun bruit perceptible.

Dans un deuxième article, nous examinerons les questions de Physiologie spéciale.

L. Fredericq,
Professeur de Physiologie à l'Université de Liége.

[1] Ivar Bang (*Festschrift f. O. Hammarsten*) avait, de son côté, proposé d'employer l'appareil à force centrifuge comme moyen de remplacer la filtration, pour la séparation rapide de précipités du liquide qui les contient.
[2] *C. R. Congrès*, p. 51.
[3] *C. R. Congrès*, p. 52.
[4] *C. R. Congrès*, p. 52.
[5] *C. R. Congrès*, p. 51.
[6] *C. R. Congrès*, p. 50.

[1] *C. R. Congrès*, p. 75.
[2] *C. R. Congrès*, p. 78.
[3] *C. R. Congrès*, p. 44.
[4] *C. R. Congrès*, p. 71.
[5] *C. R. Congrès*, p. 72.
[6] *C. R. Congrès*, p. 113.
[7] *C. R. Congrès*, p. 126.
[8] *C. R. Congrès*, p. 137.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Ocagne (M. d'), *Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.* — **Calcul graphique et Nomographie.** — 1 *vol. de la* Bibliothèque de Mathématiques appliquées *de* l'Encyclopédie scientifique, *in*-18 *jésus de* 392 *pages et* 146 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Doin, éditeur. Paris*, 1907.

La Statique graphique, en se répandant depuis une trentaine d'années parmi les ingénieurs, a mis en faveur auprès d'eux, et, plus généralement, auprès des techniciens de toutes spécialités, les procédés de calcul si expéditifs, si commodes et si sûrs dérivés de la méthode graphique. Mais le concept d'où ces procédés sont sortis peut être envisagé indépendamment de telle ou telle application particulière, soit sous forme d'épures portant sur des segments représentatifs des nombres soumis au calcul, soit sous forme de tableaux cotés, abaques ou nomogrammes, représentatifs d'équations liant ensemble des quantités variables.

Depuis plus de vingt ans, M. d'Ocagne s'est spécialisé dans ce dernier genre d'étude et a établi, sous le nom de Nomographie, une doctrine parfaitement homogène, embrassant un vaste champ des modes possibles de représentation graphique cotée. De cette théorie d'ensemble, il a poursuivi l'application minutieuse aux calculs tels qu'ils s'offrent dans la pratique courante : c'est l'objet de son *Traité général de Nomographie*, dont la publication lui fit décerner par l'Académie des Sciences le Prix Poncelet, pour l'ensemble de ses travaux sur ce sujet.

Ainsi que j'ai déjà eu occasion de le dire, lors de son apparition, la nouvelle branche de Mathématiques appliquées ainsi constituée méritait de prendre place à côté de la Géométrie descriptive et de la Statique graphique. Mais, afin de devenir, pour les futurs techniciens, objet d'enseignement courant, il pouvait être intéressant d'en reprendre les principes sous une forme plus condensée et plus didactique; c'est ce que M. d'Ocagne vient de faire dans son nouvel exposé, et non seulement pour la Nomographie, mais encore pour le Calcul graphique proprement dit, entendu comme nous avons indiqué plus haut, en vue duquel il s'est surtout inspiré des importants travaux, encore assez peu connus en France, du savant ingénieur belge, M. le Professeur Massau, que l'Académie des Sciences a été heureuse de récompenser par l'un de ses prix.

Avant d'ailleurs de livrer ce nouvel exposé à l'impression, l'auteur l'a mis à l'épreuve de la forme orale dans un cours libre professé avec succès, le printemps dernier, à la Sorbonne; et c'est la leçon inaugurale de ce cours, résumant la philosophie et la genèse du sujet, qui se trouve reproduite, sous forme d'Avant-propos, en tête du volume.

Après un rappel de notions de Géométrie analytique (dans lequel l'auteur définit le système spécial de coordonnées tangentielles dont, sous le nom de coordonnées parallèles, il fait un usage courant), le volume comprend deux livres consacrés l'un au *Calcul graphique*, l'autre à la *Nomographie*.

Le livre I se divise en deux chapitres : *Arithmétique et Algèbre graphiques, Intégration graphique.* L'un traite surtout de la résolution graphique des systèmes d'équations linéaires à un nombre quelconque d'inconnues, de celle des équations de degré quelconque et de l'interpolation graphique qui joue un rôle de première importance dans les sciences expérimentales; le second traite de l'intégration graphique dans le cas d'une ou de plusieurs quadratures successives et dans celui des équations différentielles du premier ordre, où l'œuvre de Massau a été mise à contribution.

Le livre II comprend trois chapitres consacrés respectivement à la *Représentation nomographique par lignes concourantes, par points alignés et au moyen de points cotés diversement associés.* Il se termine par la théorie générale qui a permis à M. d'Ocagne de classer d'avance tous les modes possibles de représentation nomographique en les ramenant à un nombre fini de types canoniques. Le chapitre relatif aux points alignés est sensiblement le plus développé et celui où l'on rencontre le plus de choses nouvelles; cette méthode, présentée en 1884 par l'auteur, est celle qu'il n'a cessé de préconiser depuis lors dans une longue suite d'intéressantes publications. Il a, d'ailleurs, dans cette *Revue* même (n° du 30 mai 1907), apporté récemment la preuve que cette méthode des points alignés jouit aujourd'hui de toute la faveur des techniciens dans les branches d'applications les plus variées.

D'une excellente ordonnance didactique et d'une clarté parfaite, illustré de nombreux exemples d'applications nouvelles pour la plupart, le livre de M. d'Ocagne est destiné à favoriser dans une large mesure la diffusion et l'extension de la doctrine si précieuse du calcul graphique envisagée sous son aspect le plus large possible, au double point de vue philosophique et pratique.

MAURICE LÉVY,
Membre de l'Institut,
Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Haeder (Hermann). — **Les Moteurs à gaz.** *Étude des projets, construction et conduite des moteurs à explosion. Première partie, traduction française par* M. VARINOIS. — 1 *vol. gr. in*-8 *de* 208 *pages avec figures et tableaux.* (*Prix* : 12 *fr.* 50.) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1907.

M. Varinois vient de rendre un très grand service aux ingénieurs et constructeurs français, en traduisant l'ouvrage de M. Hermann Haeder sur les moteurs à gaz. Depuis quelques années, M. Haeder publie une série de travaux renfermant de nombreux renseignements pratiques destinés à éviter aux constructeurs de moteurs des tâtonnements et des insuccès. L'ouvrage sur les machines à vapeur avait été traduit il y a quelques années; l'étude des moteurs à gaz vient heureusement le compléter.

Elle débute par des considérations économiques sur la question de savoir s'il est plus pratique d'employer une machine à vapeur ou un moteur à gaz avec gazogène. Les tableaux donnés permettent de calculer, dans chaque cas, les frais d'exploitation, l'usure, la consommation de combustible. L'auteur étudie dans tous ses détails les modes de fonctionnement et les types de construction des moteurs à gaz; de nombreux schémas rendent cette étude particulièrement claire.

Nous pouvons dire de cet ouvrage qu'il renseigne sur la marche à suivre pour calculer toutes les pièces d'un moteur à gaz et faciliter la tâche de l'ingénieur en lui donnant de nombreux exemples. Celui-ci, placé en présence d'un problème pratique, trouvera dans ce Traité un guide sûr pour arriver à la solution.

La traduction de l'ouvrage allemand a d'ailleurs été faite avec une scrupuleuse exactitude; l'impression est très claire et les figures se lisent très facilement.

L. MARCHIS,
Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

Digitized by Google

Espitallier (G.), *Lieutenant-Colonel du Génie territorial.* — **La Technique du Ballon.** — 1 *vol. in*-18 *de* 480 *pages, avec* 108 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Doin, éditeur. Paris*, 1907.

Les questions relatives à la navigation aérienne ont pris de nos jours une grande importance. Sans parler des ballons dirigeables et des appareils d'aviation, dont les progrès sont si rapides, le ballon sphérique lui-même est devenu l'instrument d'un sport très répandu, et, dans tous les pays civilisés, des « aéro-clubs » se sont fondés pour en favoriser le développement.

Le livre du Lieutenant-Colonel Espitallier vient donc à son heure : ce traité très complet intéresse à la fois ceux qui utilisent le ballon et ceux qui le construisent. Les premiers y trouveront les règles précises et rationnelles qui doivent présider à la conduite d'une ascension libre ; les seconds, des renseignements précieux sur la fatigue des étoffes et des cordages qui entrent dans la confection de l'aérostat.

Cet ouvrage se distingue surtout par la méthode véritablement scientifique avec laquelle sont exposées toutes les questions relatives à l'Aéronautique, depuis l'étude générale de l'atmosphère jusqu'au calcul des plus petits détails du ballon. Combien est loin de nous l'empirisme des anciens aéronautes forains, qui pendant si longtemps régnèrent en maîtres dans ce domaine spécial ! Aujourd'hui l'aérostation est devenue une science intimement liée à la Physique, à la Chimie et à la Mécanique.

Ainsi que le fait remarquer l'auteur, le créateur et l'apôtre de cette science fut le *Colonel Renard*, et c'est l'enseignement de cet homme éminent qui a inspiré le travail du Lieutenant-Colonel Espitallier, son ancien élève. Celui-ci a su, non seulement faire revivre avec une clarté parfaite les remarquables leçons du maître, restées inédites jusqu'ici, mais encore les compléter en tenant compte des progrès les plus récents. Non content même d'étudier l'aérostat tel qu'il se présente de nos jours, il envisage, dans un examen particulièrement documenté, les divers perfectionnements qu'on pourra lui apporter encore pour le rendre plus stable et pour augmenter la durée des ascensions.

L'ouvrage se termine par un important chapitre sur la fabrication de l'hydrogène, question d'un intérêt capital pour l'avenir de la navigation aérienne. Il y a tout lieu de croire, en effet, comme nous le fait prévoir l'auteur, qu'on arrivera prochainement à réaliser ce qu'on cherchait vainement depuis si longtemps, c'est-à-dire un mode de préparation vraiment industriel et économique de l'hydrogène. Ce jour-là, les différents aéro-clubs s'empresseront d'installer dans leurs parcs des usines spéciales qui procureront aux aéronautes un gaz beaucoup plus léger que le gaz d'éclairage actuellement employé. De semblables usines, réparties dans les diverses régions du territoire, serviront non seulement au gonflement des aérostats libres, mais encore au ravitaillement des ballons dirigeables, qui pourront ainsi entreprendre des voyages avec escales.

Le livre du Lieutenant-Colonel Espitallier appartient à l'Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse. Ct Voyer.

2° Sciences physiques

De Valbreuze (M.). — **Notions générales sur la Télégraphie sans fil.** — 1 *vol. in*-8° *de* 170 *pages avec* 129 *fig.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *L'Eclairage électrique*, 40, *rue des Ecoles, Paris*, 1907.

Dans une série de chapitres qui constituent une sorte d'introduction, l'auteur expose élémentairement, d'une manière très claire, les phénomènes généraux qui ont trait à la radiation de l'énergie, en insistant principalement sur l'identité des radiations électriques et des radiations lumineuses. Sans avoir recours à aucun développement mathématique, il fait comprendre nettement le mécanisme des phénomènes de résonance, et en donne des illustrations saisissantes.

L'étude des circuits couplés inductivement est suffisamment développée pour faire saisir au lecteur l'importance, si longtemps méconnue, de l'amortissement dans les phénomènes mis en jeu dans la télégraphie sans fil. Nous le constatons avec d'autant plus de plaisir que nous avons eu occasion d'insister à plusieurs reprises sur ce point, et que c'est l'un des rares ouvrages français où le rôle capital joué par l'amortissement soit nettement mis en lumière.

L'auteur fait un résumé des diverses théories proposées pour rendre compte du fonctionnement du « cohéreur ». Peut-être eût-il dû faire une part à l'intéressante tentative de M. Blanc.

La théorie de M. Blanc repose sur des expériences méthodiques très sérieuses et ne saurait, à notre avis, encourir le juste reproche, fait aux autres, d'être impuissante à donner l'explication complète du phénomène de « cohérence ». A un autre point de vue, on peut regretter également l'omission des travaux de M. Turpain, qui a indiqué l'emploi des champs interférents antérieurement à l'application qui en a été faite par M. Slaby, qui, seule, se trouve citée dans l'ouvrage.

Il faut savoir gré à l'auteur d'avoir tenté d'exposer d'une manière élémentaire les délicates questions du *couplage* et de l'*accord* des circuits.

Il est fâcheux que le cadre nécessairement restreint de l'ouvrage ne lui ait pas permis de faire la critique des dispositifs proposés pour effectuer la mesure des périodes. Il est bien établi désormais que la qualité d'un onde-mètre dépend de la réalisation plus ou moins précise de conditions que la théorie indique nettement. Ces conditions, qui sont rarement remplies, ne se trouvent rigoureusement réalisées que dans certains dispositifs très particuliers : tel, par exemple, le dispositif d'usage courant — application directe du procédé classique de M. Blondlot — qui repose sur l'emploi d'une self-induction *calculable*, d'un condensateur à *lame d'air* et d'un détecteur *bolométrique*, c'est-à-dire d'un détecteur d'effet total capable de permettre un couplage *très lâche*.

Puisque nous sommes amené à parler du « bolomètre », nous nous permettrons de relever la fréquente confusion qui est faite, non seulement dans le présent ouvrage, mais aussi dans nombre d'autres publications, entre le *bolomètre* de Langley et Rubens, qui repose essentiellement sur le principe de l'équilibre des résistances de *deux fils fins identiques* disposés sur un pont, et soustraits à tout apport thermique, et le dispositif de Fessenden qui, constitué par un fil unique *non équilibré*, ne saurait prétendre au nom de dispositif *bolométrique* et n'en présente pas les qualités.

L'auteur insiste avec raison sur les difficultés que soulève le problème de la syntonisation et met fort bien en lumière l'insuffisance des dispositifs proposés. Quelques pages intéressantes sont consacrées à l'exposé des tentatives qui ont été faites pour obtenir des oscillations entretenues. Toutefois, le rôle capital que peut jouer, pour la réalisation de la syntonie, l'emploi d'un détecteur d'*effet total*, au lieu d'un détecteur d'*amplitude*, est peut-être un peu laissé dans l'ombre.

Les derniers chapitres de l'ouvrage présentent d'une manière claire les schémas des montages utilisés dans les différents systèmes d'émission et de réception. En rattachant — très justement d'ailleurs — les systèmes d'émission par courants alternatifs aux dispositifs étudiés par Fleming pour les puissantes stations de la Wireless, l'auteur aurait pu insister sur les applications des « transformateurs à résonance » appelés à jouer un rôle important dans la technique de la télégraphie sans fil.

Ces légères critiques n'enlèvent rien au mérite de l'ouvrage qui rendra un réel service, non seulement au public éclairé désireux de se mettre au courant de la question, mais même aux techniciens.

C. Tissot,
Professeur à l'Ecole navale

Digitized by Google

Swarts (Fréd.), *Professeur à l'Ecole du Génie civil de l'Université de Gand, Chargé du Cours de Chimie générale à la Faculté des Sciences, membre correspondant de l'Académie royale de Belgique.* — **Cours de Chimie organique.** — 1 *vol. in-8° de 665 pages avec figures. Hermann, éditeur. Paris*, 1907.

Le cours de Chimie organique publié par M. F. Swarts constitue un fort volume de plus de six cents pages, d'une lecture facile et attachante. Non seulement il ne contient aucune inexactitude, mais l'auteur a su choisir avec beaucoup de tact, pour les développer, les questions les plus importantes. Tout ce qui touche à la Chimie physique, aux explosifs, aux principales industries organiques, fermentations, sucrerie, soie artificielle, est exposé avec un soin particulier.

Au lieu de traiter toutes les questions de théorie en bloc, au début de l'ouvrage, M. Swarts a préféré employer un procédé qui a autrefois merveilleusement réussi à M. Grimaux dans ses leçons de Chimie organique élémentaire. Il n'introduit les questions théoriques qu'au moment où il en a besoin pour son exposé; ainsi il traitera du carbone asymétrique à propos de l'alcool amylique actif, de l'isomérie éthylénique en décrivant l'acide crotonique, ce qui est de nature à rendre le travail de l'élève plus attrayant.

Au point de vue de l'exposé des doctrines, je trouve que M. Swarts a un peu trop sacrifié au désir d'être bref. Il déclare les fonctions chimiques dues à la présence dans les molécules de certains groupements dits fonctionnels, sans se donner la peine de l'établir par des expériences. Il en résulte que toutes les fonctions se trouvent définies par des opérations qu'il est impossible de faire autrement qu'en imagination, comme le remplacement d'un amidogène par un oxhydrile ou d'un atome d'hydrogène par un radical. Il faut convenir que ce mode d'exposition, appliqué d'une manière exclusive à une science expérimentale, lui communique un aspect irréel et fantomatique bien fait pour déplaire à un esprit réfléchi. L'ouvrage de M. Swarts est bien loin, d'ailleurs, d'être le seul à mériter ce reproche. On peut dire de lui, malgré l'exposition trop abstraite et une classification parfois capricieuse, qu'il reste un des bons ouvrages de Chimie organique écrits en français.

L. Bouveault,
Professeur-adjoint
à la Faculté des Sciences de Paris.

3° Sciences naturelles

Illustrated Handbook of North-Eastern Rhodesia. — 1 *vol. gr. in-8° de 40 pages avec illustrations. The Administration Press, Fort-Jameson*, 1907.

Le territoire de la Rhodésia nord-occidentale est situé entre le Zambèze et les grands lacs de l'Afrique équatoriale. Il est administré par la British South Africa Company, qui a établi son centre d'opérations à Fort-Jameson, et qui travaille avec énergie à mettre en valeur les ressources du pays. Les plus immédiates paraissent être l'exploitation de minerais aurifères, spécialement à Sasare, et l'élève du bétail. L'ouvrage que nous analysons donne des renseignements détaillés sur le pays, ses productions, ses voies d'accès et de communication, son administration. Il est illustré de très belles photographies. Ajoutons qu'il est imprimé dans le pays même, par des natifs, et que le directeur de l'imprimerie, M. A. E. Crowther, a tout lieu de se féliciter du résultat obtenu.

Massart (Jean), *Professeur de Botanique à l'Université de Bruxelles.* — **Recueil de l'Institut botanique** (*Université de Bruxelles*). *Tome II.* — 1 *vol. de* VII-415 *pages, avec* 3 *figures dans le texte et* 4 *planches.* (*Prix* : 20 *fr.*) *Lamertin, éditeur. Bruxelles*, 1907.

Les travaux contenus dans ce tome sont nombreux; aussi les grouperons-nous par ordre de matières pour une revue critique d'ensemble.

I. *Valeur nutritive comparée des nitrates, des sels ammoniacaux et des nitrites.* — Deux mémoires de M. E. Laurent se rattachent à ce groupe.

Les plantes supérieures peuvent assimiler les sels ammoniacaux; mais, dans la pratique agricole, les nitrates ont une action plus régulière et plus manifeste. Quant aux organismes inférieurs, les levures en particulier, la plupart ont une préférence marquée pour les sels ammoniacaux. Les nitrites leur sont nuisibles lorsque l'acide nitreux est mis en liberté. Les levures peuvent réduire les nitrates en nitrites, mais cette propriété n'est bien apparente que dans les liquides faiblement sucrés. Au point de vue de l'économie de la nature, la production des nitrates serait un phénomène superflu, les plantes qui se nourrissent de nitrates devant réduire ces sels afin d'en préparer des combinaisons ammoniacales propres à l'assimilation.

II. *Production des nodosités chez les Légumineuses.* — Un seul travail de M. E. Laurent, également. — Ces expériences font partie de l'intéressante série, due à divers auteurs, qui a montré d'une manière indubitable que les nodosités radicales des Légumineuses renferment des Bactéries susceptibles, par inoculation à d'autres racines, de donner de nouvelles nodosités. Outre qu'il montre la possibilité d'inoculations, ce travail signale l'influence fâcheuse exercée sur le phénomène par la présence de nitrates dans le substratum.

III. *Réduction des nitrates*, par E. Laurent. — Sous l'influence de la lumière solaire, les nitrates, aussi bien secs qu'en solution étendue, sont réduits en nitrites, et cette réduction est indépendante de la présence d'oxygène. Les Levures de bière et de vin de Champagne et surtout la Myco-levure de Duclaux réduisent nettement les nitrates au voisinage de 20°. Quelques moisissures (*Cladosporium herbarum*, *Penicillium glaucum*, *Alternaria tenuis*, *Mucor racemosus*) possèdent le même pouvoir réducteur. Enfin, les graines en germination et les tubercules, ainsi qu'un grand nombre d'autres tissus végétaux, sont susceptibles de réduire les nitrates en nitrites lorsqu'ils vivent en anaérobiose.

IV. *Formation de l'ammoniaque par les organismes inférieurs.* — E. Marchal : *De l'action des moisissures sur l'albumine. Sur la production de l'ammoniaque dans le sol par les Microbes.* — La plupart des moisissures sont capables d'utiliser l'albumine en lui empruntant à la fois du carbone et de l'azote; un grand nombre d'entre elles possèdent la propriété de transformer l'albumine en ammoniaque, mais elles sont incapables d'amener l'azote albuminoïde à l'état d'azote nitrique.

Dans le sol, la nitrification comprend trois phases principales : l'ammonisation, la nitrosation et, finalement, la nitratation. L'ammonisation s'accomplit essentiellement sous l'influence de microbes divers (Bactéries, Levures, Moisissures). Les Bactéries interviennent surtout dans les terres arables, et les Moisissures dans les terres acides et humiques. Le *Bacillus mycoides* est, de tous, celui dont l'action est la plus énergique; il agit non seulement sur l'albumine et les substances voisines, mais encore sur la créatine, la leucine, la tyrosine, etc. Ce bacille, ammonisant et aérobie en présence de matières organiques azotées, devient dénitrifiant en présence de nitrates et en milieu anaérobie. Il peut donc dégager de l'ammoniaque par deux processus opposés : oxydation ou réduction.

V. *Coagulation des albuminoïdes.* — G. Clautriau : *Sur la variation du point de coagulation des albuminoïdes, avec démonstrations expérimentales.* — E. Marchal : *Sur un procédé de stérilisation à 100° des solutions d'albumine.* — En ajoutant à des liquides albumineux des proportions variées de nitrate d'urée ou de borate de soude, on peut à volonté empêcher la coagulation à 100° ou l'obtenir à toute température. Le sulfate ferreux en quantité presque infinitésimale em-

Digitized by Google

pêche toute coagulation. Il est donc possible de stériliser de la sorte les solutions d'albumine.

VI. *Technique microchimique des albuminoïdes.* — A. DE WÈVRE : *Recherches sur la technique microchimique des albuminoïdes.* — L. ERREBA : *Sur la distinction microchimique des alcaloïdes et des matières protéiques.* — Il faut toujours faire agir plusieurs réactifs pour déceler microchimiquement les albuminoïdes. Les plus sensibles sont : l'iodure de potassium iodé, l'éosine, le réactif de Millon, l'acide picrique, l'acide xanthoprotéique, l'acide phosphomolybdique, les réactifs de Guesda (sulfate de nickel ammoniacal), de Piotrowsky (sulfate de cuivre et excès d'alcali), de Reichl et Mikosh (solution alcoolique de benzaldéhyde, puis acide sulfurique à 1/2 renfermant une trace de sulfate ferrique). Les réactifs généraux des alcaloïdes précipitent aussi les matières protéiques. On distinguera les deux groupes de substances par l'action des dissolvants, les sels acides d'alcaloïdes étant solubles dans l'alcool, tandis que les matières protéiques y sont insolubles. L'alcool acidulé par l'acide tartrique mérite la préférence. Des préparations comparatives, traitées par les réactifs généraux avant et après l'action de l'alcool tartrique, lèveront tous les doutes sur l'identité des substances localisées.

VII. *Localisation des alcaloïdes.* — Divers auteurs. — Ces recherches de localisation ont porté sur les *Colchicum officinale*, *Nicotiana macrophylla*, *Aconitum Napellus*, *Narcissus* divers, *Canna*, *Veratrum album*, Solanacées, Orchidées et *Strychnos* divers, Pavot.

Les alcaloïdes sont le plus abondants dans les tissus très actifs (points végétatifs, embryon), autour des faisceaux fibro-vasculaires, dans l'épiderme, les poils épidermiques, les couches corticales externes, les enveloppes du fruit et des graines, enfin dans des organes spéciaux (laticifères des *Papaver*, cellules à raphides des Narcisses).

Un de ces alcaloïdes a été extrait directement des plantes : c'est celui des Narcisses, isolé par DE WÈVRE au moyen de la méthode de Stas. Quelques autres n'ont été décelés que microchimiquement, par exemple ceux des *Dendrobium nobile* et *D. Ainsworthii*, *Phalenopsis Luddemanniana*, *Eria stellata*, *Catasetum* divers (Orchidées).

Les auteurs s'accordent à penser que les alcaloïdes sont des déchets de l'activité protoplasmique servant à la plante de défense contre les animaux.

L. LUTZ,
Secrétaire général
de la Société botanique de France.

4° Sciences médicales

Ingegnieros (Dr J.), *Professeur à l'Université de Buenos-Aires, Directeur du Service d'Observation des aliénés.* — **Le Langage musical et ses troubles hystériques.** — 1 *vol. in-8° de* 208 *pages.* (*Prix* : 6 *fr.*) *Felix Alcan, éditeur. Paris*, 1907.

« Expression d'états psychologiques spéciaux correspondant à des formes supérieures de l'émotion », le *langage musical* a sa physiologie et sa pathologie. Les neurologistes se sont donc intéressés au langage musical et à ses troubles ; ils ont décrit et classé ces derniers en prenant pour guide les notions établies par Charcot pour le langage parlé.

M. J. Ingegnieros a repris cette étude et l'a complétée. La principale originalité de son livre, c'est qu'il y aborde un chapitre nouveau de la pathologie du langage musical, celui de ses troubles hystériques.

La lecture des observations du professeur de Buenos-Aires montre combien peuvent être variées les *dysmusies* que l'on observe chez les sujets hystériques, et dont le groupe clinique fondamental, formé par les amusies motrices ou sensorielles, correspond à celui des aphasies d'émission ou de réception ; ce sont des syndromes fonctionnels systématisés, comme sont le hoquet, la toux, le mutisme de la grande névrose.

Les *amusies hystériques* peuvent être pures ; mais souvent elles sont combinées aux aphasies, à l'hémiplégie, et l'on observe des tableaux morbides complexes, plus ou moins comparables à ceux des organiques chez qui les lésions du cerveau déterminent des troubles du langage parlé, des troubles du langage musical et des paralysies des membres.

Mais, en dehors des amusies, il existe des *paramusies* et des *hypermusies*, qui, les unes et les autres, ne sauraient appartenir qu'à l'hystérie. Les *paramusies* sont fréquentes et variées : les phobies et les obsessions musicales, l'*audition musicale colorée* appartiennent à ce groupe ; l'état mental hystérique serait le facteur essentiel de leur existence.

Quant aux *hypermusies* : raptus musicaux, impulsions musicales, mélodisation incoercible de la lecture, elles appartiennent autant à la folie hystérique qu'à la pathologie du langage musical.

Une question d'un grand intérêt et sur laquelle l'auteur n'a pas manqué d'insister, c'est celle des dissociations du langage musical, qui peuvent être provoquées chez quelques hystériques au moyen de la suggestion ; l'expérimentation bien conduite peut ainsi venir en aide à l'observation clinique pure pour contribuer à l'interprétation des faits. C'est grâce à cette circonstance que M. Ingegnieros a pu pousser très avant l'étude des troubles hystériques du langage.

Mais il n'en faudrait pas conclure que tous les troubles du langage musical sont d'origine hystérique, aujourd'hui surtout où la nature même des phénomènes hystériques prête à tant de contestations.

Une question se pose même au sujet des troubles de langage musical : faut-il, dans leur étude, se laisser guider entièrement par celle des troubles du langage parlé ? L'assimilation ne saurait être complète entre la fonction musicale et la fonction de la parole. Mais ceci ne concerne que la théorie, et, au point de vue clinique, les observations de M. Ingegnieros constituent un précieux appoint pour l'étude des amusies ; son livre, largement documenté, sera consulté avec fruit par les neurologistes et les psychologues.

5° Sciences diverses

Dunod. — **Agendas pour 1908** (MÉCANIQUE. — CONSTRUCTION. — CHEMINS DE FER. — MINES ET MÉTALLURGIE. — ELECTRICITÉ. — CHIMIE. — USINES ET MANUFACTURES). — 7 *petits volumes reliés, contenant environ* 300 *pages de texte. Prix de chaque volume* : 2 *fr.* 50. *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Ces agendas portatifs renferment, sous une forme concise, les renseignements techniques essentiels, les tables et formules usuelles, les éléments de législation et les documents pratiques dont l'homme de métier a constamment besoin.

Garçon (Jules). — **La Bibliographie industrielle.** — *Notice in-8° de* 92 *pages*, 2e *édition.* (*Prix* : 3 *fr.*) 40 *bis, rue Fabert, Paris*, 1907.

Personne ne conteste plus l'importance qu'une bonne bibliographie peut rendre aux industriels. Elle leur enseigne, en quelques instants, ce qui s'est fait dans leur industrie et ce qui continue de s'y faire, leur fournissant ainsi le moyen de connaître vite et bien tout ce qui les intéresse. Le travail documenté et raisonné de M. Garçon étudie les principes qu'il faut suivre pour établir les répertoires bibliographiques industriels, et il analyse les répertoires existants.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Décembre 1907.

M. Ch. Bouchard est élu vice-président de l'Académie pour l'année 1908. — Lord **Brassey** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

1° Sciences mathématiques. — **M. E. Waelsch** présente ses recherches sur les invariants différentiels vectoriels et la théorie des formes binaires. — **M. Edm. Maillet** démontre le théorème de Waring : « Tout nombre entier N est la somme d'un nombre k, limite pour chaque valeur de n, quel que soit N, de puissances $n^{\text{lèmes}}$ d'entiers positifs », pour $n=8$. — **M. E. Holmgren** caractérise la nature analytique d'une intégrale quelconque de l'équation $\partial^2 z/\partial x^2 = \partial z/\partial y$, régulière dans un domaine Γ du plan des x, y. — **M. E. Cartan** définit l'aire d'une portion de surface courbe en faisant intervenir des sommes d'aires de triangles inscrits dans la surface. — **M. P. Boutroux** poursuit ses recherches sur les fonctions inverses des fonctions entières. — **MM. Eug. et F. Cosserat** exposent une statique de la ligne déformable dans laquelle le principe de solidification de la Mécanique classique est remplacé par l'invariance, dans le groupe euclidien, de l'expression qu'ils appellent l'*action*. — **M. H. Andoyer** a recalculé, dans la théorie de la Lune, les termes qui contiennent en facteur le produit des deux excentricités e et e' de la Lune et du Soleil; les résultats de Delauney sont inexacts à partir du 8e ordre. — **M. A. Gaillot** a rectifié la théorie analytique du mouvement d'Uranus et de Neptune et donne des tables nouvelles pour les positions de ces deux planètes.

2° Sciences physiques. — **M. R. Benoît** décrit les expériences récentes qui ont été faites pour déterminer le volume du kilogramme d'eau. La moyenne des résultats trouvés est de 1,000.028 dm³. — **M. J. Becquerel** a constaté que les sels de didyme et d'erbium, à la température de l'air liquide, possèdent de nombreuses bandes d'absorption variables dans le champ magnétique. Les bandes correspondant à des vibrations circulaires de même sens ne sont pas toutes déplacées du même côté; l'effet, même s'il est de sens inverse au sens observé pour toutes les raies de vapeurs, est du même ordre de grandeur que le phénomène de Zeeman. — **M. Ch. Henry** a étudié au spectrophotomètre l'influence de doses variables d'eau de chlore sur le bleu de méthylène (suspension colloïdale) et sur l'auramine (cristallisée); le chlore avive aux petites doses les couleurs impures et aux grandes doses diminue l'intensité des longueurs d'ondes principales. — **M. P. Weiss** rend compte, par l'hypothèse du champ moléculaire, de l'anomalie des chaleurs spécifiques des substances ferromagnétiques. — **M. H. Chaumat** a réalisé la réduction électrolytique de l'indigo en mélangeant de l'indigo en poudre fine à du graphite en poudre, disposant le mélange autour d'une âme conductrice en charbon, dans un sac de toile, et plaçant le tout comme électrode négative dans une solution aqueuse de Na^2CO^3. — **M. H. Gaudechon** a constaté que la base de Millon est beaucoup plus forte que HgO et AzH^3 dont elle dérive; ses dérivés chlorés se comportent, quant à leur mode de décomposition par l'eau, comme de véritables sels doubles. — **MM. Ph. Barbier** et **V. Grignard** décrivent un nouveau mode d'hydratation du pinène à basse température par l'action de l'acide benzènemonosulfonique sur une solution de ce corps dans l'acide acétique cristallisable. Le produit principal de cette hydratation est le terpinéol, F. 35°. — **M. L. Brunel**, en oxydant par l'acide chromique le β-carvacromenthol, a obtenu une cétone $C^{10}H^{18}O$, la carvacromenthone, Eb. 221°-221°5, identique à la tétrahydrocarvone inactive de Baeyer et Wallach. — **M. R. Combes** décrit une méthode de recherche des saponines dans les végétaux. Les coupes sont maintenues vingt-quatre heures dans l'eau de baryte, qui précipite la saponine dans les cellules à l'état de combinaison barytique gélatineuse incolore; on lave à l'eau de chaux, puis on traite par le bichromate de K qui précipite du chromate de bayrum jaune.

3° Sciences naturelles. — **MM. L. Camus** et **M. Nicloux** ont dosé le chlorure d'éthyle dans le sang au cours de l'anesthésie. La dose anesthésique minimum est de 25 mgr. par c. c. Le chlorure d'éthyle s'élimine avec une grande rapidité. — **M. N. Wedensky**, en excitant le nerf moteur au moyen de l'appareil d'induction et en diminuant la fréquence du courant sans changer l'intensité, a produit une tétanisation particulière, qu'il nomme tétanisation saccadée. — **M. Guérin** présente deux cartes ostréicoles des côtes de Vendée. La côte comprise entre la Loire et la Gironde ne doit sa richesse en Mollusques industriels qu'à la présence des îles. La production mytilicole de la baie de Bourgneuf est inépuisable; au contraire, il faut prévoir la diminution des bancs huîtriers et les protéger. — **M. G. Bonnier** signale quelques exemples d'un raisonnement collectif chez les abeilles : distribution des butineuses pour la récolte générale du miel; mouillage de morceaux de sucre pour le transformer en sirop qu'elles peuvent emporter, etc. — **M. C. Cépède** a étudié l'adaptation au milieu marin de l'*Orchitophrya stellarum*, infusoire parasite des testicules des étoiles de mer; elle paraît constituer un phénomène normal de la biologie de cet organisme. — **M. L. Guignard** a reconnu que, lorsqu'une plante à glucoside cyanhydrique est greffée sur une autre plante totalement dépourvue de ce composé, ou inversement, il n'y a aucun transport de glucoside ni du greffon dans le sujet, ni du sujet dans le greffon. — **M. J. Dybowski** a constaté que les thés d'Indo-Chine ont une teneur en caféine légèrement supérieure aux thés de Ceylan et une teneur en tanin moindre. Le thé de Madagascar ne le cède pas non plus aux thés étrangers.

Séance du 6 Janvier 1908.

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de **M. A. Hall**, Correspondant pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — **M. E. Esclangon** a étudié les transformations de la comète 1907 *d*. Il semble que la nébulosité constituant primitivement les aigrettes a été progressivement refoulée dans la région des queues par l'accroissement de la répulsion solaire.

2° Sciences physiques. — Sur un Rapport de **M. Bouquet de la Grye**, l'Académie s'associe à un vœu de la Société de Géographie de Paris tendant à faire assurer par les Pouvoirs publics l'arrivée télégraphique quotidienne en France des dépêches météorologiques de l'Islande et des îles Feroe. — **M. Th. Moureaux** communique la valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1908 : Déclinaison occidentale 14°42'90; inclinaison 64°44',6; composante horizontale 0,19744; composante verticale 0,41850; force totale 0,46274. — **M. A. Cathiard**, en présentant à une flamme ne contenant aucun corps conducteur solide en suspension deux électrodes, dont l'une très petite, reliées à une source alternative à haute tension, a constaté le passage d'un courant de même sens,

Digitized by Google

allant à travers la flamme de la grande électrode vers la petite. — MM. **G. Sizes** et **G. Massol** sont amenés à conclure que les rapports harmoniques de la série des sons donnés par un diapason ut_0 ne permettent pas de considérer le son le plus grave trouvé, ut_{-4}, comme son fondamental de l'échelle générale, mais que le son 1 est la vibration fondamentale hypothétique fa_{-7}. — M. **F. Bordas** a constaté qu'une température prolongée de 300° fait disparaître la couleur jaune des corindons jaunes artificiels aussi bien que naturels. Les rayons cathodiques, analogues aux rayons β du radium, sont sans action sur les corindons. — MM. **E. Jungfleisch** et **M. Godchot** ont préparé les acides α-éthyl-α_1-méthyldiglycolique, $CO^2H.CH(C^2H^5).O.CH(CH^3)CO^2H$, F. 69°; αα-diméthyl-$\alpha_1$-méthyldiglycolique, sirop incristallisable; $\alpha\alpha_1$-diméthyldiglycolique (dilactylique). — M. **M. Tiffeneau** fournit quelques renseignements complémentaires sur le mécanisme des transpositions phényliques chez les iodhydrines et les glycols aromatiques.

3° Sciences naturelles. — MM. **P. Rosenthal** et **Alb. Berthelot** ont obtenu chez les animaux une anesthésie prolongée, exemple d'accidents, par l'administration de mélanges d'oxygène et de chlorure d'éthyle. — MM. **Moussu** et **Goupil** ont constaté que les animaux ayant reçu plusieurs inoculations de bacilles tuberculeux chlorés se montrent sensibilisés pour une inoculation consécutive rapprochée de tuberculose virulente; si, par contre, on attend un certain temps pour cette dernière inoculation, on observe une grande augmentation de résistance. — M. **Ed. Retterer** montre que la substance fondamentale du cartilage hyalin est *structurée* : elle se compose d'éléments figurés, granuleux et chromophiles, dont les ramifications circonscrivent des mailles qui sont remplies de protoplasma amorphe. — MM. **A. Soulié** et **C. Bonne** établissent l'existence de cinq arcs branchiaux et de six arcs aortiques chez l'embryon de taupe. — MM. **M. Caullery** et **A. Lavallée** ont étudié la fécondation et le développement des œufs chez un Orthonectide, le *Rhopalura ophiocomae*. — M. **L. Mercier** montre que la spore de *Thelohania Giardi* présente une structure analogue à celle de *Glugea bombyci* : cellules valvaires et cellule capsulogène à noyau très petit, sporoplasma à deux noyaux. — M. **A. Chevallier** a analysé une série d'échantillons d'eau de mer recueillis dans la Manche entre Dieppe et Newhaven. La densité à 0° et la densité à 0° diminuent, d'une façon générale, de Newhaven à Dieppe; les poids des halogènes diminuent aussi régulièrement dans le même sens.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 7 Janvier 1908.

M. **N. Gréhant** a reconnu qu'un lapin morphiné et soumis à l'intoxication par l'oxyde de carbone meurt beaucoup moins rapidement qu'un lapin témoin éveillé. Il communique, d'autre part, de nouvelles analyses, très exactes, de gaz grisouteux, exécutées avec son eudiomètre-grisoumètre. — M. le Dr **Enriquez** donne lecture d'un travail sur la ptose et la dilatation atonique de l'estomac, étudiées par la radioscopie. — M. **G. André** lit un mémoire sur le phosphore dans l'organisme des êtres vivants.

Séance du 14 Janvier 1908.

M. **Kermorgant** présente un Rapport sur le fonctionnement de l'Assistance médicale indigène à Madagascar en 1906. Dans cette année, l'endémie palustre a sévi avec une grande intensité, revêtant en même temps des formes très graves. Dans quelques districts, un quart des habitants ont succombé; en même temps, la natalité a diminué. L'Assistance médicale a fonctionné normalement sur le Plateau central et dans les provinces et cercles du littoral. — M. **Raymond** présente un Rapport sur un travail de M. **R. Le Clerc** intitulé : Du tremblement essentiel héréditaire. L'auteur a réuni 76 observations authentiques de cette affection ; il en a étudié quelques cas avec le tromographe d'Ughetti et a trouvé un nombre d'oscillations à peu près fixe (9 à 10 à la seconde). Le meilleur traitement est le traitement psychique. — M. **A. Calmette** déduit, des nombreuses expériences d'ophtalmo-diagnostic faites par lui ou d'autres médecins, que cette méthode est inoffensive et très rarement en défaut. Aussi l'emploi généralisé et périodique de la méthode dans les familles, les écoles, les dispensaires permettrait-il de dépister la tuberculose au début et de lutter plus efficacement contre elle. — MM. **A. Desgrez** et **J. Chevalier** présentent un travail concernant l'action de la choline sur la pression artérielle. — M. le Dr **Darier** lit un mémoire sur le sérum antidiphtérique dans les infections oculaires.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 Décembre 1907.

M. **G. Rebière** décrit un procédé de dosage de l'or colloïdal électrique au moyen du cyanure de potassium. — M. **E. Guyénot** montre que la salive dialysée est toujours moins active que la salive normale; elle récupère son pouvoir saccharifiant par l'addition de sels minéraux. — MM. **H. Labbé** et **G. Vitry** ont constaté que l'ingestion d'acide sulfo-indigotique ou de ses sels n'est suivie d'aucune élimination correspondante d'indican urinaire. — M. **L. Nattan-Larrier** a étudié les caractères morphologiques des hématoblastes. Il décrit la forme ordinaire, ronde ou ovoïde, les formes étirées, géantes, pseudo-flagellées et de désintégration. — M. **A. Giard** présente une lettre de Lamarck, montrant ses idées sur les Foraminifères, et ses doutes sur l'attribution de ces animaux aux Céphalopodes, courante à son époque. — M. **J. Salmon** a constaté que les rudiments de membres des ectroméliens se distinguent par l'adaptation corrélative des muscles à la composition de l'axe squelettique sous-jacent. — MM. **H. Isco-vesco** et **Salignat** ont remarqué des différences sensibles dans l'hémolyse produite par un sérum hémolytique, suivant que les globules proviennent du même sang défibriné, fluoré ou oxalaté, les premiers étant le moins fragiles et les derniers le plus. — MM. **Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont observé des différences considérables dans le poids, les dimensions, la couleur et la structure des ovaires chez la lapine, différences imputables à la glande interstitielle. — M. **Ed. Retterer** montre que le chondroblaste (endoplasma de la cellule cartilagineuse) se caractérise par un cytoplasma transparent, peu colorable. Sa portion centrale est riche en granules chromophiles, disposés en traînées qui s'anastomosent entre elles. — MM. **H. Claude** et **H. Gougerot** estiment que l'insuffisance fonctionnelle de plusieurs glandes à sécrétion interne peut apparaître simultanément chez le même sujet et provoquer l'apparition d'un syndrome clinique spécial, dit d'insuffisance pluriglandulaire. — M. **L. Lapicque** demande l'ouverture d'un pli cacheté renfermant le plan d'une théorie physique du fonctionnement des centres nerveux. — MM. **N. Serrallach** et **M. Parès** ont constaté que la prostate est une glande à sécrétion interne, qui agit sur la sécrétion externe du testicule, des déférents et des vésicules séminales. La sécrétion interne du testicule agit sur la dynamique de la vessie. — MM. **L. Camus** et **M. Nicloux** ont reconnu que le chlorure d'éthyle s'élimine du sang avec une très grande rapidité. Pendant l'anesthésie, les globules renferment environ trois fois plus d'anesthésique que le plasma. — M. **Ch. Achard** et **E. Feuillié** ont mesuré la résistance leucocytaire d'après les effets altérants de l'urée. — MM. **A. Gilbert** et **M. Herscher** montrent que la bilirubine, pénétrant par les voies biliaires dans l'intestin, est métamorphosée, grâce à la puissance réductrice de la muqueuse intestinale, en stercobiline et stercobilinogène. — M. **Ch.-A. François-Franck** présente des expériences d'inhibition coordonnée dans

Digitized by Google

les muscles fléchisseurs sous l'influence d'excitations de l'écorce du cerveau produisant l'extension des membres. — **M. L. C. Maillard** a constaté que le pigment de la mélanhydrose est probablement identique au pigment normal de l'œil, transporté jusqu'aux glandes sudoripares par des voies sanguines peut-être anormales. — **MM. E. Brugnion** et **N. Popoff** montrent que l'apparition de faisceaux spermatiques bipolaires chez les Hétéromères est un trait caractéristique des espèces de ce groupe. — **M. E. Couvreur**, par l'action du chlore sur le sang laqué, a transformé une partie du fer organique en fer minéral; mais il reste toujours un pigment ferrugineux.

La Société procède au renouvellement de son Bureau pour l'année 1908. Sont élus :

Vice-présidents : **MM. L. Lapicque** et **H. Vaquez**;
Trésorier : **M. J. Jolly**;
Archiviste : **M. A. Pettit**;
Secrétaires : **MM. G. Bohn, H. Hérissey, O. Josué** et **L. Maillard.**

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 10 *Décembre* 1907.

MM. A. Charpentier et **Th. Guilloz** indiquent un procédé électrique de préparation des solutions de mercure colloïdal. Les solutions sont stables et déjà actives à faible dose. — **MM. J. Parisot** et **A. Harter** ont provoqué, chez le lapin, des altérations variées des reins, d'une part à la suite d'injections de divers caustiques dans le parenchyme rénal, d'autre part secondairement à des lésions expérimentales du foie. On observe également des lésions des capsules surrénales, consécutivement aux altérations expérimentales profondes du rein et du foie. — **MM. Simon** et **L. Spillmann** ont constaté, dans les tumeurs malignes, une diminution des hématies et une augmentation des leucocytes, avec des altérations globulaires. — **M. G. Etienne** a reconnu que le faisceau du facial supérieur paraît fonctionnellement indépendant du noyau des IIIe et VIe paires.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 *Décembre* 1907.

M. Jean Becquerel poursuit l'étude de la *dispersion anomale dans les cristaux*. Dans une Communication précédente (9 juin 1907), il a montré que, sous l'influence d'un abaissement de température, les bandes d'absorption des cristaux de terres rares subissent de grandes variations d'intensité, et que leur largeur est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue. Il montre aujourd'hui que l'énorme augmentation d'intensité que l'on observe pour la majorité des bandes, lorsqu'on plonge le cristal dans l'air liquide, ne provient pas uniquement du rétrécissement de ces bandes, mais résulte aussi d'une augmentation de l'énergie totale absorbée, corrélative de l'accroissement du coefficient diélectrique. L'auteur a calculé, d'autre part, la charge totale et la masse totale, par unité de volume, des électrons absorbants; il est intéressant de remarquer la faible quantité de matière corpusculaire (10^{-12} à 10^{-13} gramme par centimètre cube) qui entre en jeu dans ces phénomènes. Si l'on admet que la charge de chaque électron est égale à la charge d'un ion électrolytique monovalent (10^{-20} U. E. M.), on trouve pour le nombre N_A des électrons, par centimètre cube, des chiffres de l'ordre de 10^{14} à 10^{15}. Ces nombres sont extrêmement faibles, si l'on songe qu'un centimètre cube de gaz à 0° et 760 mm contient 10^{19} à 10^{20} molécules, et que le nombre des molécules d'un solide est encore plus grand. Même si les bandes appartiennent à un corps en faible proportion dans le cristal, l'hypothèse que la charge e est égale à celle d'un ion électrolytique ou d'un ion gazeux conduit à la conclusion que le nombre moyen des électrons qui vibrent *à un même instant* est beaucoup plus faible que le nombre des atomes du corps auquel appartient la bande considérée. Ce résultat permet de conclure, ou bien que la charge e est plus faible que la charge actuellement considérée comme l'atome d'électricité, ou bien, plus vraisemblablement peut-être, que *toutes les molécules ne participent pas simultanément à l'absorption*. Quelle que soit la valeur de la charge d'un électron, la variabilité du coefficient diélectrique ε entraîne la variabilité du nombre N des électrons absorbants. Le nombre des électrons contribuant à produire certaines bandes varie du simple au triple entre 25° et — 188°. La mesure des variations du pouvoir rotatoire magnétique, à l'intérieur des bandes d'absorption sensibles à l'action d'un champ magnétique, permet de calculer d'une autre manière les coefficients diélectriques. Des expériences précédemment décrites (*Le Radium*, février et mars 1907) ont démontré que, dans les cristaux, il existe une liaison entre la dispersion rotatoire magnétique auprès des bandes et les modifications subies par ces bandes dans un champ magnétique. Les résultats sont, au point de vue du sens des phénomènes, entièrement conformes à la théorie de M. W. Voigt : *la dispersion rotatoire semble due entièrement à l'effet simultané de la dispersion anomale et de la séparation des bandes en deux composantes correspondant à des vibrations circulaires de sens opposés.* — **M. Ch.-Ed. Guillaume** expose les recherches récentes sur *la masse du décimètre cube d'eau*. La *Revue* consacrera prochainement un article de fond à cette importante question.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 27 *Décembre* 1907.

M. L. Bouveault demande l'ouverture d'un pli cacheté, déposé le 19 juin 1905, dont voici un résumé : La décomposition des alcools primaires en aldéhydes et hydrogène par le cuivre divisé, entre 300 et 400°, est une réaction du plus haut intérêt au point de vue théorique, mais qui n'a pas encore pris place parmi les méthodes aisément praticables. L'auteur est arrivé à en supprimer successivement tous les inconvénients. Pour les alcools à poids moléculaires élevés et les alcools non saturés, on peut obtenir les aldéhydes correspondantes en opérant la pyrogénation dans le vide, où les corps acquièrent une stabilité extraordinaire. L'emploi du cuivre pulvérulent nécessite celui des tubes horizontaux. Pour avoir un appareil d'une certaine dimension, il faut trouver un support à ce cuivre. La pierre ponce ne donne qu'exceptionnellement de bons résultats. M. Bouveault a pu remplacer très avantageusement le cuivre pulvérulent par une masse active préparée en décomposant sur une tôle plate, et vers 300°, 10 parties de nitrate de cuivre cristallisé, additionnées d'une partie de sulfate de soude anhydre. L'oxyde de cuivre sulfaté ainsi obtenu est dur et peut être cassé en gros morceaux assez solides pour pouvoir être empilés dans des tubes verticaux disposés en jeux d'orgue. L'oxyde, réduit dans les tubes mêmes, à basse température, donne un métal assez solide et très poreux, un peu moins actif que le cuivre pulvérulent de Sabatier, mais qui a sur ce dernier l'avantage de pouvoir être employé dans des appareils de très grande dimension. Les vapeurs sortant du jeu d'orgue sont dirigées dans une colonne rectifiante; l'aldéhyde peu volatile distille; un dispositif spécial ramène l'alcool non décomposé dans le ballon primitif. En associant ainsi la rectification à la pyrogénation, on a une transformation intégrale. Pour les aldéhydes à poids moléculaires élevés, on ne doit garder que le premier tube du jeu d'orgue, qu'il faut faire très long. — **M. G. Rosenstiehl** rappelle, à propos de sa Note précédente « sur l'hydrolyse des sels », des expériences de Henri Rose, qui remontent à 1830, d'après lesquelles les borates et les carbonates alcalins réagissent autre-

Digitized by Google

ment en solution concentrée qu'en solution étendue; ils se comportent, dans ce dernier cas, comme s'ils étaient hydrolysés en acide, d'une part, et en base alcaline libre, d'autre part, cette dernière seule entrant en réaction. — **M. M. Nicolardot** expose les propriétés du sulfate de chrome qu'il a isolé du sulfate vert modifié par la chaleur au moyen de l'alcool ou de l'acétone, ou par l'action du carbonate de baryum. Ce sulfate de chrome renferme 2 mol. 5 d'acide sulfurique, qui est entièrement dissimulé; neutralisé exactement par la potasse et traité de nouveau par l'acide sulfurique, il donne naissance à un autre sulfate de chrome insoluble dans la liqueur surnageante, mais soluble en partie dans l'eau pure, et qui ne contient qu'une molécule d'acide sulfurique. — **M. A. Colson**, après avoir rappelé les sulfates verts normaux $Cr^2(SO^4)^3.nH^2O$ dont il a donné la genèse, décrit les sels condensés. Il constate que la condensation du sulfate violet, formulée par la réaction de M. Recoura : $2Cr^2(SO^4)^3 + H^2O = SO^4H^2 + Cr^4O(SO^4)^5$, se fait de la même manière pour l'alun de chrome et pour tous les sels verts normaux; mais y a-t-il identité du produit final? M. Colson démontre que, dans tous les cas, la décomposition du mélange $SO^4H^2 + Cr^4O(SO^4)^5$ par 6 mol. KOH dissoute dégage la même quantité de chaleur, mais à condition de ne pas dépasser, ou de revenir, à la décomposition formulée par la relation ci-dessus. Or, celle-ci est facilement dépassée, et l'on arrive très souvent à pénétrer dans une deuxième phase de la forme : $2Cr^2(SO^4)^3 + 2H^2O = 2SO^4H^2 + Cr^4O^2(SO^4)^4$. M. Colson le montre par la cryoscopie (après précipitation de SO^4H^2 par BaO) et le sanctionne par la thermochimie. Le pentasulfate $Cr^4O(SO^4)^5$, précédemment obtenu, renferme 4 SO^4 dissimulés. En reprenant par une quantité insuffisante d'acide l'oxyde chromique précipité à froid de l'alun de chrome, M. Colson a obtenu des isomères de ce pentasulfate; l'un ne contient que $2SO^4$ dissimulés, l'autre en renferme 3. Ce dernier s'obtient à l'état cristallin quand on abandonne à l'air sec la dissolution de $Cr^2(OH)^6$ [plus probablement $(OH)^5Cr^2$-O-$Cr^2(OH)^5$] dans $5H^2SO^4$. Dans ce cas, il renferme généralement un peu de sulfate violet, qui reste insoluble dans l'alcool étendu de 50 °/o d'eau, et le sulfate vert, soluble à froid dans cette solution, a pour formule $Cr^4O(SO^4)^5.12H^2O$. Ces pentasulfates, *préparés à froid*, diffèrent donc de celui de M. Recoura. Un autre mode de condensation résulte de celle que présente le sulfate vert obtenu en chauffant à 90° le sulfate violet solide. M. Colson a déjà indiqué ailleurs que 1/10 mol. de ce sel, dissous dans l'eau glacée, a pour abaissement cryoscopique 0,22; mais, au bout de vingt-quatre heures, l'abaissement atteint 0,42. La molécule s'est dédoublée. Donc elle est $[Cr^2(SO^4)^3]^2$ à l'état solide, et $Cr^2(SO^4)^3$ en dissolutions vieillies. Le même fait se constate sur tous les sulfates verts normaux, *obtenus à froid* : M. Colson cite le cas d'une concentration faite par congélation du solvant. Par conséquent, *sans aucune intervention de température*, par le seul jeu de la concentration, la polymérisation s'accomplit. Et, comme corollaire, les sels verts normaux n'existent qu'en dissolution. Mais, pour formuler cette conclusion, il faut être certain que l'ionisation des sulfates chromiques dissous n'agit pas sur l'abaissement cryoscopique. C'est ce que démontre M. Colson en terminant. — **M. J. Duclaux** expose une méthode propre à étudier la marche des réactions lentes, en particulier des réactions catalytiques et diastasiques. Cette méthode consiste à enfermer les produits réagissants dans un tube de Dewar, complètement immergé dans un thermostat, et à étudier la marche de la température à l'intérieur de ce tube, les variations de cette température permettant, dans ces conditions, de suivre la réaction. Cette méthode, très sensible, peut être appliquée avec succès à la catalyse de l'eau oxygénée, à la saponification des éthers et à l'inversion du sucre, comme, probablement, à la majorité des actions diastasiques dont la durée ne dépasse pas quelques heures.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 Décembre 1907.

M. V. H. Veley indique une méthode, basée sur l'emploi du méthylorange, pour déterminer la quantité d'HCl libre et, par suite, le degré d'hydrolyse des chlorhydrates de bases organiques. — **MM. F. B. Power** et **A. H. Salway** ont déterminé les constituants de l'huile essentielle de la noix de muscade de Ceylan; ils ont trouvé : eugénol et iso-eugénol (0,2 °/o); *d*-pinène et *d*-camphène (80 °/o); dipentène (8 °/o); *d*-linalool; *d*-bornéol; *i*-terpinéol et géraniol (6 °/o); un nouvel alcool, donnant par oxydation une dicétone $C^8H^{14}O^2$; une trace d'aldéhyde ressemblant au citral; safrol (0,6 °/o); myristicine (4 °/o); acide myristique (0,3 °/o); acides formique, acétique, butyrique, octoïque et $C^{13}H^{18}O^2$. — **MM. R. H. Pickard** et **J. Kenyon** ont résolu l'alcool octylique secondaire en le transformant en phtalate acide et par cristallisation fractionnée du sel de brucine de ce dernier; $[\alpha]_D = 9^{\circ},87$. — **M. F. J. Brislee** a déterminé la vitesse de réduction des oxydes de plomb, cadmium et bismuth par un courant de CO à 300°. Les courbes temps-réduction montrent une discontinuité à l'endroit où la composition analytique du produit correspond à la formule d'un sous-oxyde, ce qui semble démontrer la présence de composés chimiques définis, quoique instables. — **M. T. P. Hilditch** déduit, de l'étude de l'activité optique des éthers menthyliques et bornyliques des acides β-phényl-propionique, cinnamique et phénylpropiolique, que la conversion d'une liaison saturée en une liaison éthylénique produit une augmentation d'activité optique, tandis que la transformation d'une liaison éthylénique en une liaison acétylénique provoque une diminution du pouvoir rotatoire. — **M. A. G. Perkin** a préparé les éthers méthyliques de quelques hydroxyanthraquinones; l'éther triméthylique de l'anthragallol fond à 167°-168°; l'éther diméthylique de l'alizarine fond à 210°-211°. — **MM. A. G. Green, A. H. Davies** et **R. S. Horsfall** montrent que l'action des alcalis caustiques sur le *p*-nitrotoluène et ses dérivés dépend de la nature du substituant ortho dans ces derniers; on peut obtenir des dérivés du stilbène, ou du dibenzyle, ou des deux à la fois suivant les cas. La condensation a lieu en deux phases. — **MM. H. O. Jones** et **J. R. Hill** ont constaté que les groupes éthyle, propyle, isopropyle, butyle, isobutyle et isoamyle, dans les composés d'ammonium quaternaires, sont facilement remplacés par le groupe méthyle en chauffant avec CH^3I. — **M. S. Smiles** a préparé les nitrates des éthers menthyliques de diméthyl- et de méthyléthylthétine. — **MM. W. H. Perkin jun.** et **R. Robinson** ont réalisé la synthèse de l'acide brésilinique par l'action de $AlCl^3$ sur un mélange d'éther *m*-méthoxyphénoxyacétique et d'anhydride *m*-hémipinique dissous dans CS^2. Puis, par action de $AlCl^3$ sur un mélange d'éther diméthylique du résorcinol et d'anhydride *m*-hémipinique, ils ont obtenu l'acide hydroxytriméthoxybenzoylbenzoïque, qui est réduit par Na en hydroxyméthoxyphényl-*m*-méconine; cette substance, traitée par l'acide chloracétique et KOH, fournit la lactone de l'acide dihydrobrésilinique. Ces synthèses confirment la formule de constitution de la brésiline de Werner et Pfeiffer. Enfin, la lactone de l'acide dihydrohématoxylique a été également préparée par synthèse au moyen de l'éther triméthylique du pyrogallol et de l'anhydride *m*-hémipinique et traitement comme ci-dessus. — **MM. R. W. L. Clarke, A. Lapworth** et **E. Wechsler** montrent que, dans l'action des éthers sur les cétones contenant le groupe $CH^3.CO.CH$: en présence de C^2H^5ONa, l'attaque ne se fait pas toujours sur le même point. — **MM. A. E. Dixon** et **J. Taylor** ont étudié l'action de certains chlorures d'acyles sur les thiocarbimides allyl-substituées et des halogénures d'acyles halogénés sur la phénylthiocarbimide. — **MM. W. J. Pope** et **Ch. S. Gibson** ont obtenu deux nouveaux composés alkyliques

Digitized by Google

de l'or : $(C^6H^5)AuBr^2$ et $(C^6H^5)^2AuBr.AzH^3$. — Mlle I. **Smedley** a déterminé le pouvoir réfringent du diphénylhexatriène et des hydrocarbures voisins.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 7 Novembre 1907.

M. **A. A. Hall** a étudié l'huile minérale du toit de la veine de houille de Cockshead, dans le nord du Staffordshire. Cette huile est un mélange de paraffines, la plupart à haut poids moléculaire, avec quelques oléfines et peut-être quelques corps naphtaléniques et phénoliques. — M. **P. Ph. Bedson** a étudié la cire de paraffine trouvée dans le puits de Ladysmith, aux houillères de Whitehaven. C'est un mélange d'hydrocarbures, la plupart de la série des paraffines, contenant une proportion considérable des membres solides du groupe.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 30 Octobre 1907.

M. **H. J. S. Sand** présente un appareil de laboratoire pour l'évaporation des liquides au moyen de la chaleur rayonnée par une plaque en silice fondue, chauffée par un petit brûleur à gaz et placée à quelques centimètres au-dessus du récipient contenant le liquide.

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 25 Octobre 1907.

M. **E. Westergaard** a obtenu des résultats satisfaisants en appliquant le tintomètre de Lovibond à l'analyse des spiritueux.

SECTION DE SYDNEY

Séance du 26 Septembre 1907.

M. **A. M. Wright** a fait l'analyse des extraits de viande préparés en Nouvelle-Zélande, la plupart avec du mouton. Ils supportent la comparaison avec les extraits d'autres provenances.

SECTION DE LONDRES

Séance du 4 Novembre 1907.

MM. **C. Bergtheil** et **R. V. Briggs** étudient les *méthodes de détermination de l'indigotine dans les plantes donnant de l'indigo.* Aucune des méthodes suggérées par Orchardson, Wood et Bloxam n'est applicable en pratique, toutes conduisant à des résultats absolument erronés, à moins que le contenu exact des échantillons en indican ne soit connu et les méthodes arrangées en conséquence. Leur conclusion en ce qui concerne la méthode à l'isatine, qui, selon ces derniers, pourrait donner parfois une teneur en indican plus élevée que la méthode au persulfate, n'est pas confirmée par l'expérience. — MM. **R. Gaunt**, **F. Thomas** et **W. P. Bloxam** poursuivent leurs recherches sur l'*analyse de l'indigo et des feuilles sèches d'Indigofera arrecta et d'Indigofera Sumatrana.* D'après eux, la méthode à l'isatine pour l'analyse de la feuille est la seule méthode actuelle digne de confiance. Le produit qu'on obtient est de l'indirubine presque chimiquement pure, ne pouvant dériver que de l'indoxyle, et donnant l'expression exacte de la quantité présente de cette dernière substance.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 24 Octobre 1907.

M. **R. Helmert** rend compte des déterminations trigonométriques de l'altitude de l'île de Wangeroog, faites par l'Institut Géodésique Royal, comme supplément à ses travaux similaires au sujet d'Héligoland et de Neuwerk. Ces déterminations empruntent un intérêt spécial au fait qu'à l'aide de formules spéciales établies par les savants de l'Institut, les variations de réfraction dues aux variations d'altitude, à proximité de la surface de la mer, peuvent en être déduites. Les observateurs n'ont pas, en effet, tardé à s'apercevoir que les différences d'altitude calculées à l'aide de la formule ordinaire, sur la base des mesures de distances zénithales mutuelles simultanées, donnaient des fluctuations diurnes de plusieurs décimètres. La cause probable de ce phénomène, suivant l'auteur, réside dans l'inégalité d'altitude des points d'observation, combinée à leur élévation peu considérable au-dessus de la surface de l'eau. Le coefficient de réfraction local devait, par conséquent, présenter des différences suffisantes pour priver la formule ordinaire de sa validité. Dans les calculs numériques, l'auteur suppose que le coefficient de réfraction local est une fonction linéaire de l'altitude, les couches atmosphériques se conformant aux surfaces de niveau, qui peuvent être considérées, avec une précision suffisante, comme surfaces sphériques concentriques. L'auteur estime même l'influence, sur le coefficient de réfraction local, des variations de température observées. — Le même auteur rend compte de l'état actuel de la grande triangulation africaine, exécutée en ce moment à proximité du méridien de 39° de longitude Est. Le Dr Rubin ayant continué les travaux anglais du Sud jusqu'aux confins du territoire allemand, près du Tanganyika, l'Allemagne devra prochainement aborder sa part de cette grandiose entreprise scientifique.

Séance du 31 Octobre 1907.

M. **H. Muller-Breslau** présente un mémoire traitant de la suite des expériences qu'il exécute pour déterminer la grandeur et la position de la pression latérale des sables sur les parois solides. Il vient d'examiner des parois rugueuses penchant du côté des sables et inclinées, par rapport à la verticale, de 30° ou de 11° 20'. Les pressions mesurées se sont trouvées être considérablement supérieures à celles qu'il calcule sur la base usuelle des surfaces de glissement planes. L'angle entre la pression des sables et la normale à la paroi est indépendant de l'inclinaison de cette dernière et de la surface plane des sables, étant en moyenne d'environ les trois quarts de l'angle de frottement du sable. Les charges individuelles posées sur la surface des sables, ont occasionné un accroissement considérable de la pression de ces derniers, même à une distance de la paroi équivalant à 1,8 fois la hauteur de la paroi.

Séance du 7 Novembre 1907.

M. **F. Schottky** présente un Mémoire sur une double démonstration du théorème général de Picard. La démonstration donnée dans un travail antérieur était basée sur un lemme qui, dans le présent Mémoire, est démontré d'une autre façon. — M. **L. Kœnigsberger** adresse une Note sur le théorème de Green pour les potentiels généralisés. L'auteur établit un certain nombre d'équations aux dérivées partielles satisfaites par le potentiel de Weber, comme pour l'équation bien connue de Laplace et de Poisson. Il discute ensuite la question de savoir quelle forme les intégrales générales de ces équations doivent prendre pour ne dépendre que de la distance de deux points et de la dérivée première de cette dernière, par rapport au temps, ces intégrales étant des potentiels généralisés de premier ordre. Ce même problème est ensuite étendu aux potentiels généraux d'un ordre quelconque. L'auteur étend enfin le théorème de Green aux potentiels généraux ainsi trouvés, qui constituent les intégrales de l'équation généralisée de Laplace et de Poisson, tout en discutant certaines relations qui en découlent. — M. **Branca** présente un Mémoire de M. **F. Tannhäuser** sur les résultats des recherches pétrographico-géologiques sur la chaîne de gabbro de Neurode, en Silésie. L'éruption du gabbro aurait eu lieu probablement à l'époque de la chaux principale inférieure super-dévonienne.

Digitized by Google

Séance du 21 Novembre 1907.

M. H. Munk rend compte de la suite de ses recherches sur les fonctions du cervelet. Il discute, dans la présente Note, les suites de l'extirpation d'une moitié latérale de cet organe, en confirmant ses résultats antérieurs relatifs aux conséquences, par rapport aux fonctions du système nerveux, de la perte entière du cervelet. Des centres de la moelle et des muscles, pour la région des extrémités du même côté, et pour celle de la colonne vertébrale du côté opposé, sont subordonnés à chaque moitié du cervelet. Les mouvements de roulement si frappants, dans une direction toujours la même, observés chez les animaux d'essai, peu de temps après l'extirpation, ne constituent que des tentatives de relèvement ou de fuite avec le reste de ressources dont dispose le sujet. — **M. Orth** présente une communication de **M. C. Neuberg**, assistant à l'Institut Pathologique de Berlin, sur les composés colloïdaux du calcium et du magnésium. L'état colloïdal de la matière a été, dans ces derniers temps, l'objet d'une grande attention, au point de vue surtout des questions biologiques. On savait depuis longtemps que les substances albuminoïdales, les hydrates de carbone et les substances grasses entrent dans l'économie animale essentiellement à l'état colloïdal; on a découvert plus récemment que les substances inorganiques, à structure bien plus simple, prennent fréquemment, à l'état colloïdal, des propriétés remarquables, qui leur permettent d'exercer des effets biologiques inattendus. Or, la préparation des colloïdes inorganiques n'est souvent possible que par de longs détours et par des procédés assez compliqués. Dans bien des cas, la présence de colloïdes dits « de protection », c'est-à-dire des colloïdes organiques, tels que les substances albuminoïdes, est indispensable pour donner à ces produits la stabilité voulue. Dans ces conditions, la découverte, faite par l'auteur, que les sels inorganiques de calcium et de magnésium, qui jouent un rôle si important en Biologie, sont facilement convertis en des variétés gélatineuses ou colloïdales fort stables, est digne d'intérêt. Parmi les différents procédés qui s'offrent au chimiste, l'auteur choisit le plus sûr, à savoir l'emploi de l'alcool méthylique comme intermédiaire de conversion. Une solution de chaux dans l'alcool méthylique, traitée par l'acide sulfurique, phosphorique ou oxalique, fournit le gypse, le phosphate ou l'oxalate de calcium sous la forme gélatineuse; le traitement par l'acide carbonique donne une solution colloïdale, visqueuse et bien claire, de carbonate de calcium, et une gelée solide de cette dernière substance est obtenue en saturant d'acide carbonique une suspension de chaux dans l'alcool méthylique. L'allure des sels de magnésium correspondants est analogue. Les sels gélatineux à l'état isolé ne renferment point d'alcool méthylique fixé.

Séance du 28 Novembre 1907.

M. O. Struve présente un Mémoire résumant les résultats d'une nouvelle série d'observations de Titan, satellite de Saturne. Les recherches antérieures relatives au système saturnique ayant fait voir des défauts d'uniformité dans les mouvements de Titan, défauts dont l'explication se heurtait à des difficultés, la nouvelle série d'observations, faite pour élucider cette question, entre 1901 et 1906, à Königsberg et à Berlin, a permis d'établir qu'il n'existe que de faibles fluctuations dans les longitudes de Titan, fluctuations dues probablement aux perturbations causées par Hyperion, tandis que les déviations plus importantes antérieurement remarquées doivent être attribuées aux erreurs affectant les résultats des observations plus anciennes. Les éléments d'orbite déduits de la présente série viennent confirmer les résultats antérieurs relatifs à l'orbite de Titan, tout en vérifiant la valeur de la masse de la planète trouvée par les observations de Pulkowo, et en permettant une détermination plus exacte du mouvement moyen du satellite.

Séance du 5 Décembre 1907.

M. Zimmermann rend compte de ses recherches au sujet des oscillations à grande amplitude dans un milieu résistant, et de leur application à la détermination de la résistance de l'air. Après avoir discuté les défauts inhérents au procédé jusqu'ici employé, consistant à déterminer la résistance de l'air par les petites oscillations d'un pendule à faible amortissement, l'auteur propose de choisir un procédé inverse, c'est-à-dire d'utiliser les oscillations à grande amplitude et à fort amortissement, en justifiant sa façon de voir par une investigation théorique du processus oscillatoire. Il fait voir que ce procédé mène par une voie très simple à des résultats plus exacts que l'autre. En terminant, il fait quelques remarques au sujet des oscillations rectilignes se produisant, par exemple, dans les aérostats, oscillations qui, suivant l'auteur, pourraient être déterminées à l'avance. ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 18 Octobre 1907.

MM. E. Gehrcke et **O. Reichenheim** adressent une Note sur les couleurs de fluorescence du verre, dues à l'action des rayons cathodiques. On sait que les rayons cathodiques, en tombant sur le verre de Thuringe ordinaire, y donnent lieu à la phosphorescence vert clair des ampoules de Röntgen. Cette phosphorescence réside dans le verre lui-même, le maximum d'intensité de son spectre continu se trouvant dans la région verte, tandis que la luminescence jaune des rayons positifs, présentant à l'examen spectroscopique les raies D, est due à une couche superficielle gazeuse extrêmement mince. Or, dans certaines conditions, le verre présente de nombreux phénomènes de luminescence extrêmement frappants. C'est ainsi que, suivant **M. Lilienfeld**, les ampoules traversées par l'effluve émettent une fluorescence rubis très intense, dont la couleur peut passer au rouge violet et jusqu'au bleu. Les auteurs viennent de refaire ces expériences, dont ils confirment les résultats. Quant à la cause de ces phénomènes de luminescence colorée, ils sont d'avis qu'il faut l'attribuer aux rayons cathodiques. La luminescence rouge ou bleue est, en effet, fortement déviable sous l'action des aimants, dans le sens des particules négatives, se mouvant dans la direction d'un courant négatif. Une expérience qu'ils viennent de faire sur une ampoule ramifiée leur prouve que les rayons cathodiques lents (obtenus dans le cas de cathodes à striction, surtout pour les grandes densités de courant) peuvent exciter dans le verre la phosphorescence rouge ou bleue, tandis que les rayons rapides y provoquent la luminescence verte bien connue. — **M. E. Goldstein** adresse, sur la présence d'une phosphorescence rouge dans les ampoules de Geissler, un Mémoire confirmant les résultats de MM. Gehrcke et Reichenheim. D'autre part, l'auteur constate que les phénomènes en question se produisent même avec d'autres variétés de verre. Il est possible qu'il existe, au sujet de ces phénomènes, des différences quantitatives ou même qualitatives suivant les gaz remplissant les tubes. — **M. M. Laue** présente quelques considérations thermodynamiques sur les phénomènes d'interférence. Ces considérations forment un complément fort précieux aux théories thermodynamiques du rayonnement qui, en général, ne discutent point cette classe de phénomènes. — **M. H. Siedentopf** présente une Note sur le dichroïsme artificiel du sel gemme bleu. En répétant et en confirmant une expérience indiquée par M. A. Cornu (suivant laquelle le sel gemme bleu, comprimé perpendiculairement à une surface hexaédrique, deviendrait dichroïque), l'auteur a constaté que ce dichroïsme, limité aux colorations bleue et violette de NaCl, se produit toujours, que la coloration originale du sel gemme soit naturelle ou artificielle. L'examen ultra-microscopique a fait voir que ce phénomène n'est point lié à la distance, ni à la grandeur des particules

Digitized by Google

colorées. Les conditions de polarisation des particules, irrégulières tout d'abord, sont réglées, pendant la compression, de telle façon qu'elles finissent par émettre uniformément deux couleurs polarisées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre, à savoir le vert et le rouge orangé. Le plan de polarisation de la coloration verte, subissant la diffraction, est parallèle au plan de polarisation du rouge, passant dans la même direction, à savoir parallèlement à la surface hexaédrique comprimée; le plan de polarisation de l'orangé subissant la diffraction est perpendiculaire à cette surface, à l'égal du bleu, qui passe dans la même direction. C'est ainsi qu'on constate le fait intéressant que le rayonnement diffus, en vertu duquel les particules sont visibles à l'ultra-microscope, offre en commun avec l'absorption, non seulement la position du maximum, mais les directions de vibration de la lumière dans les particules dichroïques. Pour la démonstration objective de ce procédé, l'auteur recommande d'employer des produits colorés en bleu sous l'action des rayons cathodiques, pour une déformation lente de 10 à 20 °/₀. — M. **H. Lehmann** discute les procédés directs de la photographie des couleurs suivant M. Lippmann d'une part et MM. Lumière de l'autre. — M. **W. Gaede** fait la démonstration d'un nouveau perfectionnement de la pompe pneumatique rotative à mercure présentée à la Société, il y a deux ans.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 5 Décembre 1907.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **E. Suess** : Sur des singularités dans la construction de quelques corps célestes.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **E. Lohr** : Un rapport simple entre le coefficient de réfraction, la viscosité et la densité chez les gaz.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **G. Haberlandt** a étudié la sensibilité géotropique des racines. La pointe de la racine, de 1,5 à 2 millimètres de longueur, est sensible à un haut degré à la force centrifuge comme à la pesanteur; elle est capable de transmettre dans la zone de croissance la courbure d'excitation, même lorsqu'une plus grande force centrifuge agit sur cette dernière en sens opposé. — M. **K. Gaulhofer** montre que les racines aériennes des Aroïdées qui ont un géotropisme prononcé, c'est-à-dire les racines nutritives, possèdent dans leur coiffe un appareil statolithique typique avec amidon très mobile. Les autres racines aériennes, qui sont peu ou pas géotropiques, présentent un apppareil statolithique en régression.

Séance du 12 Décembre 1907.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **F. Mertens** étudie : 1° les unités simples du domaine $(\alpha, \sqrt{D})$, où α est une racine primitive de l'unité du degré d'un nombre premier et D un nombre négatif; 2° les fonctions entières d'une variable irréductibles par rapport à un nombre premier du domaine de la racine carrée d'un nombre négatif.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **H. von Ficker** : La météorologie du Turkestan occidental. — M. **M. Bamberger** a examiné, au point de vue de la radio-activité, un grand nombre de sources minérales du Tyrol et a trouvé que les sources de Bad Froy, dans le Villnöstal, sont très actives. — M. **J. Bruckmoser**, par décomposition de l'harmotome, a obtenu un acide silicique $Si^3O^{14}H^8$; par décomposition de la titanite, il se forme un acide silicique $Si^2O^5H^2$ et un acide titanique $Ti^2O^5H^2$, ce qui donnerait pour formule de la titanite $Si^2O^5Ca^2Ti^2O^5$. — MM. **F. Haiser** et **F. Wenzel** ont reconnu que la carnine, isolée de l'extrait de viande de Liebig, est un mélange d'hypoxanthine et d'un nouveau corps $C^{10}H^{12}Az^4O^5$, qu'ils nomment inosine. Ce corps, saponifié par les acides, se décompose à son tour en hypoxanthine et en pentose dont on a préparé l'osazone.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **F. Werner** présente un travail sur les Reptiles et les Amphibies du Soudan égyptien. Il décrit les formes nouvelles suivantes : *Hemidactylus Floweri*, *Mabuia Wingati*, *M. mongallensis*, *Leptodira attarensis*, *Chilorhinophis Butleri*, *Rana venusta*, *R. gondokorensis*, *R. schillukorum*, *R. papyri*, *Rappia pachyderma* et *R. Balfouri*. — M. **J. Schiller** : Contribution à l'étude du développement du genre *Ulva*. — M. **G. Tschermak** a constaté que les météorites qui sont tombées sur la Terre à peu près à la même époque de l'année ont une constitution à peu près identique.

Séance du 19 Décembre 1907.

1° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **F. von Lerch** a mesuré l'absorption du rayonnement de ThB et ThA en dehors du domaine des particules α. Chez les corps activés de la manière ordinaire, le rayonnement de ThA constitue environ 0,5 °/₀ du rayonnement total. Les constantes de diminution de moitié de ThA et ThB sont de 10,6 heures et 60,4 minutes. — M. **C. Auer von Welsbach** a constaté que l'ammono-oxalate d'ytterbium, fractionné plus d'une centaine de fois en solution d'oxalate d'ammonium faiblement basique, se sépare en deux nouveaux éléments, très voisins au point de vue chimique, se distinguant surtout par leurs spectres d'étincelles. Le plus rare, que l'auteur nomme *cassiopéium* (Cp), a un poids atomique égal à 174,54; l'autre, plus abondant, que l'auteur nomme *aldébaranium* (Ad), a pour poids atomique 172,90. — M. **A. Kirpal** a transformé l'éther β-méthylique de la quinoline en acide β-amidopicolique et acide β-oxypicolique, ce qui fournit la preuve de la constitution du premier. L'acide β-amidopicolique se transforme, par chauffage au-dessus de son point de fusion, en β-amidopyridine, et l'acide β-oxypicolique en β-oxypyridine. — M. **J. Rainer** montre que le produit de la nitration de l'acide benzoylbenzoïque est l'acide *o-m*-nitrobenzoylbenzoïque.

2° SCIENCES NATURELLES. — M. **E. Zuckerkandl** communique les résultats de ses recherches sur l'anatomie et la morphologie des artères des extrémités. Les branches de l'artère axillaire montrent, chez tous les animaux, la tendance à dériver d'un tronc commun. L'artère brachiale superficielle est une acquisition des Mammifères; elle fait défaut chez les Vertébrés inférieurs. — M. **F. Steindachner** présente une nouvelle espèce de *Mugil*, le *M. xinguensis*, provenant du rio Xingu (Brésil). — M. **F. Siebenrock** décrit quelques tortues assez rares du sud de la Chine. — M. **F. Berwerth** termine ses observations géologiques sur l'aile sud du tunnel des Tauern.

L. BRUNET.

ERRATUM

Dans la figure 12 de la page 709 (schéma de l'appareil Lesueur) de l'article de M. E. Mathias sur *La liquéfaction de l'air et l'extraction de l'oxygène* (15 septembre 1907), — les tubes 9 et 91 *ont l'air* de s'ouvrir dans la partie supérieure 5*a* de l'appareil, ce qui serait irrationnel puisqu'on mélangerait ainsi le liquide avant et après sa séparation. La communication des tubes 9 et 91 ne fait que *s'appuyer* sur la paroi de 5*a* (ce qui n'a aucune nécessité, mais est conforme au schéma de l'inventeur); dès lors, les tubes 91, 9 et 71 forment un siphon qui déverse le liquide de 5*c*, résultant de la séparation, dans le vaporiseur 6, où il est finalement vaporisé.

E. M.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Mathématiques

La distribution des nombres premiers. — M. Landau a inseré, dans les deux derniers tomes des *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, plusieurs Mémoires où, avec quelques intéressants résultats nouveaux, est rassemblée une longue série d'observations critiques.

Ces observations sont aussi diverses que nombreuses. Certaines d'entre elles sont très importantes, en ce qu'elles s'attaquent à des conclusions unanimement considérées jusqu'ici au moins comme très vraisemblables.

On sait, par exemple, que Stieltjes avait cru fonder la démonstration du célèbre énoncé de Riemann réalité des racines de l'équation $\zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)=0$) sur la convergence de la série :

$$\Pi(1-p^{-s})=1-\frac{1}{2^s}-\frac{1}{3^s}-\frac{1}{5^s}+\frac{1}{6^s}\cdots,$$

convergence dont il n'avait pas donné la démonstration.

D'autre part, M. Cahen avait indiqué que le produit de deux séries de Dirichlet converge dans tout le domaine de convergence (absolu ou non) commun aux deux facteurs. Il en avait même donné une démonstration. M. Landau constate tout d'abord que cette dernière soulève des objections.

Mais il y a plus : des deux affirmations précédentes, celle de Stieltjes et celle de M. Cahen, il prouve que l'une au moins est inexacte (sans que l'on puisse, quant à présent, indiquer laquelle).

Elles sont, en effet, contradictoires entre elles. Si la multiplication des séries de Dirichlet est légitime dans les conditions indiquées par M. Cahen, la série considérée par Stieltjes est divergente toutes les fois que la variable a sa partie réelle inférieure à 1.

S'il en était ainsi, non seulement la démonstration de Stieltjes serait inexacte, mais il serait impossible de démontrer par cette voie la proposition de Riemann, que celle-ci soit d'ailleurs exacte ou non.

A des remarques d'une grande portée comme celle qui précède, et dont on devra forcément tenir compte dans les recherches ultérieures sur ce sujet, M. Landau ne dédaigne pas d'en ajouter une foule d'autres plus modestes. On peut dire qu'il passe en revue toute la littérature arithmético-analytique de ces dernières années, décidé à la purger définitivement de toute affirmation qui lui paraisse tant soit peu douteuse.

A la lecture de ses articles, il apparaît comme vraiment dangereux de parler de la théorie analytique des nombres : que dis-je ! de parler de ceux qui en ont parlé ! C'est ainsi que la Notice consacrée par la *Revue* à Cesàro[1] n'a pas échappé à sa vigilance, et nous tenons à avertir nos lecteurs que, tout en rappelant les contributions de Cesàro à la théorie des nombres premiers, il n'oublie pas de corriger la liste faite ici même des points sur lesquels ces contributions ont porté.

D'autres auteurs le retiennent plus longtemps, et ce n'est pas assez de dire qu'il les examine avec soin. Nous ne donnerions qu'une idée bien faible et bien incomplète des objections qu'il oppose à M. Nielsen, en notant qu'il reproche à cet auteur d'avoir cité à faux le nombre des pages d'un Mémoire, et mis un accent grave au nom de Phragmén, lequel prend un accent aigu. Mais il ne dédaigne pas de faire figurer ces deux reproches, et quelques autres semblables, au nombre de ceux que M. Landau adresse à son adversaire, — ou plutôt à l'un de ses adversaires.

Il n'a pas besoin de cela, d'ailleurs, pour prendre en faute bon nombre d'auteurs contemporains sur ce sujet difficile. Souhaitons seulement que les résultats un peu décourageants de son travail n'effraient pas trop les chercheurs et ne les détournent pas d'un domaine où les sentiers de la vérité sont bien inaccessibles, alors même qu'ils ne sont pas trop sévèrement défendus.

§ 2. — Astronomie

Quel savant a, le premier, imaginé le mouvement de la Terre? — La plupart des historiens perpétuent de singulières confusions sur les prédéces-

[1] Voir la *Revue* du 28 février 1907.

Digitized by Google

seurs de Copernic en ce qui concerne la découverte du véritable système du Monde, tant à propos du mouvement diurne de rotation de la Terre que de son mouvement annuel de révolution autour du Soleil. Il est intéressant de remonter aux origines et de fixer ce point si remarquable de l'histoire de l'Astronomie.

Un certain nombre d'auteurs assurent que le premier philosophe qui ait reconnu le mouvement de la Terre fut Aristarque de Samos. Mais on ne prend pas toujours soin de désigner de quel mouvement il s'agit.

Aristarque de Samos était contemporain d'Archimède. Ce dernier, dans son ouvrage *l'Arénaire*, que j'ai en ce moment sous les yeux, discute l'opinion d'Aristarque à propos du mouvement de la Terre enseigné avant la publication de *l'Arénaire*, et qu'Archimède n'admet pas, d'ailleurs. J'ai aussi sous les yeux l'ouvrage d'Aristarque sur « les distances du Soleil et de la Lune », et ce livre ne laisse aucun doute sur les opinions astronomiques de l'auteur. Mais il n'a pas été le premier à penser que la Terre tourne sur elle-même pour éviter aux astres ce travail fantastique, et il nous fournit lui-même des dates qui tranchent la question de priorité.

Nous possédons deux dates positives pour Aristarque: l'une, donnée par Ptolémée dans *l'Almageste*, se rapporte à l'observation du solstice d'été faite par Aristarque en l'an 280 avant notre ère; l'autre est celle de sa condamnation (devançant celle de Galilée), prononcée en l'an 264 selon Fabricius, ou en l'an 296 selon Fortin d'Urbain. En admettant que notre astronome ait eu quarante ans en 280, il serait né vers l'an 320, par conséquent près de deux siècles après la mort de son compatriote Pythagore.

D'autre part, il était de notoriété dans les temps anciens que la doctrine du mouvement de la Terre n'a pas été enseignée par Pythagore lui-même, mais par les Pythagoriciens. Il suffit de lire Aristote, Cicéron, Diogène de Laërce et Plutarque pour le constater. Philolaüs, Héraclite, Ecphantus, Hicétas de Syracuse l'ont tous affirmé. Ces disciples de Pythagore sont antérieurs à Aristarque de plus d'un siècle.

Dans son idée de l'harmonie des sphères célestes, Pythagore plaçait la Terre sphérique au centre du monde et faisait tourner autour d'elle les sept astres errants : la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne, dont les distances correspondaient aux sept tons de l'octave.

Philolaüs, disciple de Pythagore, s'étant fixé à Thèbes après la révolution qui avait expulsé l'Ecole de Pythagore de l'Italie méridionale, divulgua le premier par écrit les doctrines pythagoriciennes et, dans son ouvrage sur « le Cosmos », montra que la production du jour et de la nuit en vingt-quatre heures est due au mouvement de rotation de la Terre.

Il est important de distinguer le mouvement diurne du mouvement annuel. Pour le premier, il est impossible de douter que les Pythagoriciens dont nous venons de citer les noms ne l'aient proclamé avant Aristarque. Mais celui-ci paraît vraiment avoir été le premier à enseigner la translation annuelle[1].

Que le mouvement diurne ait été admis par les Pythagoriciens, Aristote le dit assez clairement dans les termes suivants :

Τὴν δε γῆν, ἐν τῶν ἄστων οὖσαν, κύκλῳ φερομένην περὶ τὸ μέσον νύκτα τε καὶ ἡμέραν ποιεῖν[2].

D'ailleurs, c'est aux Pythagoriciens que Copernic a déclaré lui-même appartenir, et, d'autre part, le célèbre décret de Rome du 15 mars 1616, condamnant la doctrine de Copernic, désigne le nouveau système dans les termes suivants : « Falsa illa doctrina Pythagorica divinae Scripturae omnino adversans ».

[1] V. Plutarque : *De Placitis Philosophorum*, II, 24.

[2] Aristote : *De Cælo*, II, 24, 13. « La Terre est l'un des astres qui font leur révolution autour du centre, et c'est ainsi qu'elle produit le jour et la nuit. »

On voit donc qu'il serait souverainement injuste de dépouiller l'Ecole de Pythagore de la gloire séculaire que les écrivains de l'Antiquité et Copernic lui-même lui ont reconnue, d'avoir fait la première tentative vers la découverte du véritable système du Monde.

L'histoire de la découverte du système du Monde par les astronomes grecs peut se résumer dans les termes suivants :

Pythagore enseigne (vers l'an 520 avant notre ère) que la Terre ne repose sur rien, est *isolée* et *sphérique*. Dans ce système, le Soleil, la Lune et les planètes tournent autour de la Terre.

Philolaüs, de l'école de Pythagore, contemporain de Socrate, enseigne (vers l'an 430) que le globe terrestre tourne sur lui-même, ayant à nos antipodes l'antichtone et le feu (dont nous n'avons pas à nous occuper ici). Le mouvement diurne est évité au Ciel; mais la Terre reste au centre. Les Phytagoriciens Hicétas et Ecphantus proclament aussi ce mouvement diurne.

Héraclite de Pont enseigne (vers l'an 350) que le Soleil est le centre des mouvements de Mercure et de Vénus. Il pense aussi, pour expliquer les observations, qu'il peut être le centre des orbites de Mars, Jupiter et Saturne, tout en tournant lui-même autour de la Terre en un an. C'est le système transitoire de Tycho-Brahé. Il semble même, d'après M. Schiaparelli, que ce grand philosophe ait conçu le système de Copernic.

Aristarque de Samos considère cette hypothèse comme une réalité et s'en fait l'apôtre personnel en affirmant le mouvement de révolution annuelle de notre planète autour du Soleil immobile. Cette affirmation doit être placée historiquement vers l'an 280 avant notre ère.

Il y eut ensuite un sommeil de dix-huit siècles.

Camille Flammarion.

Tremblements de terre et taches solaires. — Le Bureau central de l'Association internationale sismologique a achevé la publication du Catalogue mondial des tremblements de terre connus survenus pendant l'année 1904, et celle du Catalogue des microsismes mondiaux pour la même année : ces deux catalogues, pris ensemble, représentent une collection de sismes qui, dans son genre, n'a certes jamais été jusqu'aujourd'hui aussi complète.

D'autre part, le volume publié par le Stationery Office de S. M. Britannique, ayant pour titre : *Results of measures made at the Royal Observatory, Greenwich, under the Direction of sir W. H. M. Christie, Astronomer Royal, of Photographs of the Sun taken at Greenwich, in India and in Mauritius in the year* 1904, nous fournit les meilleurs matériaux relatifs aux positions photographiques des groupes de taches solaires. On y trouve dépouillées 363 photographies journalières du Soleil, prises en 366 jours.

En possession de ces excellents ouvrages, il semble que le moment soit venu d'examiner si, éventuellement, il existe quelque chose de commun entre les tremblements de terre et les taches solaires. On a beaucoup écrit sur ce sujet; mais il faut convenir aussi qu'aucune étude antérieure ne pourrait être assimilée à celle que ces matériaux permettent de poursuivre : aussi, dès à présent, et sans faire de littérature rétrospective, faut-il se préoccuper de la comparaison statistique entre les deux phénomènes, dans le but de savoir si, aux jours de passage des taches par le méridien solaire central, la Terre présente une sismicité majeure. C'est ce qu'a bien voulu faire, et très heureusement, M. E. Oddone[1] : il ne faut pas, aux premières coïncidences favorables, se bercer d'illusions, comme il ne faut pas se décourager si les coïncidences ne sont pas mathématiques; l'important est d'arriver à décider s'il n'est question que d'un simple et grossier parallélisme, comme on le retrouve dans beaucoup de phéno-

[1] *Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, n° 9 et 10, 1907.

Digitized by Google

mènes naturels, ou bien s'il y a réellement relation de cause à effet entre les deux genres de manifestations.

Puis, une seule année de documents complets est fort insuffisante pour conclure d'une manière définitive : l'auteur ne s'est point dissimulé cette difficulté et, cependant, ses conclusions vont attirer certainement l'attention sur ce problème solaire — au point de vue statistique — et susciter de nouvelles recherches; par là, ce travail est intéressant, même si nous ne pouvons en accepter dès à présent toutes les déductions. Les phénomènes qui se passent sur le Soleil sont si extraordinaires et si peu connus qu'il se pourrait qu'il y eût avantage à substituer, à l'hypothèse d'une météorologie solaire, l'idée d'une sismologie solaire : pour aborder de pareils problèmes, il faut des chercheurs audacieux et, à présent, il y a le plus grand intérêt à poursuivre les études sur une corrélation possible entre les phénomènes des tremblements de terre, ceux du magnétisme terrestre, et le passage des taches solaires par le méridien solaire central.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Un moteur d'aviation de 120 chevaux. — La plus grande difficulté que présente le problème du ballon dirigeable réside dans le poids excessif des moteurs par rapport à leur force, et les succès récemment obtenus dans cette branche de l'aérostation sont dus, en premier lieu, à l'emploi de types de moteurs plus parfaits dont la construction a été étudiée par les fabricants d'automobiles.

A l'Exposition Internationale d'Automobiles qui vient d'avoir lieu à Berlin vers la fin de décembre 1907, on a beaucoup remarqué un moteur d'aviation de la force de 100 chevaux et d'un poids relativement très faible, construit par MM. Dufaux, à Genève. Ces ingénieurs, qui sont en même temps les inventeurs d'un aérostat fort intéressant, ont su combiner leurs qualités de constructeurs avec leurs expériences personnelles en aérostation; aussi le dernier type de moteur dont ils viennent d'achever la construction est-il encore plus remarquable que le moteur exposé à Berlin. C'est un moteur à 20 cylindres, de la force de 120 chevaux et du poids minime de 85 kilogs; sa vitesse est de 1.500 tours à la minute.

Les 20 cylindres dont il se compose sont montés en cinq groupes de quatre sur un arbre manivelle à 5 manettons; chaque groupe est composé de deux cylindres à double effet montés en tandem. Ces dispositions permettent, malgré un poids assez réduit, de faire travailler le métal à une charge très faible.

Le refroidissement est obtenu par une circulation d'eau à l'extérieur des cylindres et des culasses dans des chapes rapportées en cuivre. Les pistons et les tiges de pistons sont creux; ils sont refroidis par un courant d'air qui passe constamment à l'intérieur.

La circulation d'eau et d'air est assurée par une pompe et un ventilateur à force centrifuge, à très grande vitesse. Le graissage est effectué par trois pompes de circulation d'huile, aspirant l'huile dans un réservoir commun et l'injectant chacune dans un tube de distribution qui est muni lui-même de compte-gouttes réglable. Chaque pompe est munie d'un réglage de débit; chacun des compte-gouttes est relié par un tuyau à l'organe qu'il doit graisser.

Les tubes de graissage sont disposés de telle sorte que les organes à graisser soient assemblés suivant la pression des gaz qu'ils contiennent. Cette condition est essentielle pour assurer le débit régulier des compte-gouttes.

Le châssis d'assemblage des cylindres est formé de tubes d'acier brasé. Toutes les pièces, telles que la manivelle et les tiges des soupapes, les arbres à came, les cannes, sont creuses, ce qui réduit ultérieurement le poids du moteur.

L'allumage du moteur est double; la distribution du courant secondaire se fait sur un tambour fixe et l'avance à l'allumage est obtenue par le décalage de l'arbre de commande de la came.

§ 4. — Électricité industrielle

La conversion industrielle de la chaleur en électricité. — On a souvent discuté, pendant ces dernières années, le problème d'une utilisation directe de la chaleur du Soleil pour la production de force motrice. La possibilité théorique de réaliser ce résultat, grâce à une conversion préalable en électricité, avait été donnée, il y a près de cent ans, par la découverte, faite par M. Ritter, que les différences de températures au sein des conducteurs électriques donnent lieu à la production d'électricité. Ce phénomène avait été étudié avec plus de détails par Seebeck, que l'on considère en général comme l'auteur de la découverte de la thermo-électricité et qui, du moins, a été le premier à examiner les effets mutuels de la chaleur et de l'électricité et à établir la série des tensions thermo-électriques des métaux. Il a fait voir, entre autres, que les alliages se prêtent bien mieux que les métaux purs à la construction des thermo-piles. L'allure négative si frappante des sulfures a été constatée plus tard par M. Cumming, puis Becquerel, Hankel et Bunsen ont, à leur tour, étudié ce nouveau procédé d'engendrer l'électricité. Une combinaison de pyrite de cuivre avec le métal pur a permis à ce dernier de produire un dixième de Daniell.

Quant à ce qui concerne les métaux purs, le bismuth et l'antimoine, comme on le sait, forment les termes extrêmes de la série de tensions thermo-électriques. Aussi les premières thermo-piles étaient-elles faites avec ces métaux. Le bismuth, en raison de sa faible résistance mécanique à l'état chauffé, surtout au voisinage de son point de fusion si bas (255°), n'a pas tardé à être abandonné en faveur de certains alliages voisins de lui dans la série des tensions, tels que le maillechort, que MM. Markus et Noé ont employé pour construire les premières thermo-piles se prêtant à des emplois pratiques.

Or, les forces électro-motrices de toutes les thermo-piles jusqu'ici construites, n'étant que d'environ 1/5 millivolt entre le zinc et le cuivre, et de 21 millivolts entre l'antimoine et le bismuth, au voisinage du point de fusion de ce dernier, étaient confinées dans des limites assez étroites. Des effets un peu plus forts, à savoir, de quelques 50 millivolts, étaient réalisés avec les alliages cuivre-zinc-nickel, d'une part, et l'antimoine ou ses alliages, de l'autre.

Puisque, pour obtenir des courants électriques de quelque intensité, la résistance des thermo-piles doit être réduite autant que possible, ce qui présente des difficultés fort sérieuses, on comprend l'insuccès de toutes les tentatives autrefois faites pour convertir en électricité des quantités quelque peu considérables de chaleur.

Pour maintenir l'effet initial des thermo-piles, les nombreuses soudures, surtout aux extrémités chaudes des piles, doivent être combinées de façon à éviter pendant des intervalles prolongés toute résistance de passage. D'autre part, l'alliage d'antimoine jusqu'ici employé comme l'un des éléments de couple est un corps peu usuel, n'entrant pas dans la pratique technique courante, et qui, du reste, ne se soude pas avec l'autre élément, le maillechort.

Un physicien francfortois, M. A. Heil, est venu à bout de ces difficultés grâce à un procédé basé sur le fait que l'argent, chauffé au point de fusion de l'antimoine, entre immédiatement en combinaison intime avec ce dernier. L'extrémité maillechort peut, par conséquent, être liée à l'antimoine après que ce dernier a été enduit d'une couche d'argent et porté à une température convenable. Les deux éléments constituant le thermo-couple peuvent ainsi être joints par une soudure extrêmement durable. Les résistances de passage, qui, dans le cas des thermo-piles ordinaires, se présentent déjà après un service fort court (étant dues,

Digitized by Google

suivant ce qu'on vient de lire, à la combinaison purement mécanique des bouts chauffés des piles), se trouvent ainsi entièrement éliminées.

Un autre progrès encore plus important dans cette voie est dû à la découverte, récemment faite par M. Heil, que les métaux à point de fusion élevé, tels que le nickel, après avoir été chauffés au rouge sombre dans la flamme de réduction, peuvent être unis à l'antimoine par simple frottement contre ce métal. Les extrémités ainsi préparées se fusionnent avec l'alliage d'antimoine aussi facilement qu'après avoir été enduites d'argent.

Les recherches de M. Heil ont démontré un autre phénomène d'une importance considérable, à savoir que les éléments d'un couple thermo-électrique, à la suite d'une préparation spéciale, peuvent donner des effets d'une intensité particulière, tout en évitant la décroissance graduelle d'intensité, due probablement à une modification moléculaire, qui s'observe en général.

Un autre point d'une importance capitale pour la conversion économique de la chaleur en électricité, c'est la disposition relative des éléments de la thermo-pile et leur position par rapport à la source de chaleur. Un chauffage rationnel augmente, en effet, dans une mesure notable, le rendement des piles. La disposition adoptée

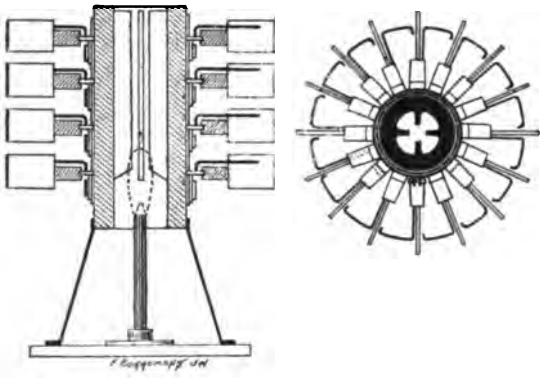


Fig. 1. — *Schéma des dynaphores.*

par M. Heil, pour assurer cet effet (voir fig. 1), est d'une grande simplicité. Elle comporte un radiateur, rond à l'intérieur, autour duquel sont disposées les barres portant les couples thermo-électriques, qui, étant construits avec un alliage non oxydant, se prêtent particulièrement à l'emploi désiré. Ce radiateur peut être chauffé par un combustible quelconque, — gaz de chauffage, alcool, pétrole, charbon, etc.

Les couples constituant la thermo-pile sont isolés entre eux et par rapport au radiateur au moyen de mica, qui, pour les températures intermédiaires entre 350 et 400°, ne présente pas de conductivité sensible. Les effets de chauffage sont tels que les portions les plus chaudes n'atteignent pas des températures plus élevées que les différentes pièces entrant dans la construction d'autres machines d'un emploi courant dans l'industrie, telles que les machines à vapeur surchauffée, qui ont été étudiées en détail. La disposition avantageuse des couples de la thermo-pile et le rendement si remarquable des alliages permettent l'emploi de températures relativement basses (300° à 380°), ce qui est d'une importance énorme pour la durée des couples.

Ces thermo-piles industrielles, désignées sous le nom de « Dynaphores », sont construites en différentes grandeurs, pour des rendements variables entre 3 et 20 watts. Etant d'une opération extrêmement simple, à peu près inépuisables et exemptes de tout danger, elles constituent un générateur de courant extrêmement pratique, dans la construction duquel n'entre aucun organe mobile pouvant s'user pendant le service. Les bruits perturbateurs et les odeurs désagréables produites par tant d'autres sources d'électricité sont enfin entièrement éliminés.

Les dynaphores seront employées pour les usages les plus variés, notamment pour l'alimentation des petits électromoteurs, la charge des accumulateurs et pour l'actionnement des appareils électro-médicaux, instruments de dentiste, installations de galvanoplastie, etc. Elles se prêtent surtout aux emplois des laboratoires de Chimie ou de Physique. **Alfred Gradenwitz.**

§ 5. — Géologie

Collection Pellat. — Nous recevons de MM. Emile Deyrolle fils la communication suivante :

« A propos de votre Note du 15 janvier dernier, nous vous signalons une erreur concernant l'acquéreur de la collection paléontologique de Pellat. Cette collection très remarquable, comme le dit fort bien votre correspondant, a été acquise, par notre intermédiaire, pour le compte de l'Université de Louvain; elle n'a donc pas passé en Allemagne et nous ne savons pas ce qui a pu donner lieu à ce bruit. Par secret professionnel, nous n'avons pas donné le nom de l'acquéreur; mais nous sommes autorisés à le faire maintenant. M. H. de Dorlodot, le distingué professeur de Paléontologie de l'Université de Louvain, nous a déclaré, en outre, qu'il sera toujours heureux de mettre à la disposition de tous les savants qui lui feront l'honneur de venir visiter la collection, les échantillons qui pourraient les intéresser; les savants français y seront surtout les bienvenus. »

§ 6. — Physiologie

La protection des yeux contre les rayons ultra-violets. — Dans un Mémoire présenté au Congrès des Naturalistes allemands, MM. F. Schanz et C. Stockhausen ont signalé les effets désastreux exercés sur nos yeux par les rayons ultra-violets de nos sources de lumière artificielle. On a jusqu'ici considéré une plaque de verre interposée entre la lampe et les yeux comme une protection suffisante. Ainsi que le fait voir l'ophtalmie « électrique » sévère dont M. Stockhausen vient d'être affecté, le verre ordinaire ne retient cependant pas tous les rayons ultra-violets. Les auteurs ont constaté, par une recherche méthodique, que les rayons d'une longueur d'onde inférieure à 300 $\mu\mu$ sont seuls absorbés par les verres ordinaires des lampes et des lunettes ou conserves. Or, ce sont précisément ces rayons-là qui possèdent le pouvoir de pénétration le moins considérable. Les rayons ultra-violets les plus actifs en l'espèce (d'une longueur d'onde intermédiaire entre 300 $\mu\mu$ et 400 $\mu\mu$) passent, au contraire, librement à travers ces verres. Les conserves bleues donnent passage surtout aux rayons bleus et ultra-violets, tandis que les conserves gris-de-fumée affaiblissent ces rayons à l'égal du spectre visible, sans toutefois les éteindre complètement.

MM. Schanz et Stockhausen ont étudié ensuite la teneur en rayons ultra-violets de nos sources de lumière, décomposant, à l'aide du spectro-photographe au quartz, le rayonnement des principaux types de lampes, à partir de la torche de pin et de la lampe à l'huile romaine jusqu'aux lampes électriques les plus modernes. Cet examen méthodique leur a fait voir que nos lampes sont devenues de plus en plus riches en rayons ultra-violets à mesure que leur intensité lumineuse s'est accrue et que leur température a augmenté. L'industrie n'a point encore essayé de garantir nos yeux contre ces rayons invisibles et qui ne concourent en rien à l'acte de vision.

C'est une expérience journalière que la quantité de travail juste susceptible d'être exécutée à la lumière du jour fatigue les yeux plus rapidement lorsqu'il faut la faire à la lumière de la lampe. La lumière, alors, « pèse » sur les yeux. Ce phénomène est frappant surtout dans le cas d'une légère affection catarrhale des yeux. La lumière diffuse du Soleil n'est point très riche en rayons ultra-violets, que l'atmosphère absorbe fortement et qui se perdent en grande partie, en raison

Digitized by Google

des réflexions multiples, avant de parvenir à nos yeux.

Le cristallin de notre œil garantit la rétine contre l'action des vibrations ultra-violettes, sous le rayonnement desquelles il présente une fluorescence très marquée. Les rayons ultra-violets, invisibles, sont ainsi reconvertis en rayons visibles. Or, la question se présente de savoir si cette conversion d'énergie ne finit pas par provoquer, dans l'organe de la vision, des altérations sensibles. Certains auteurs ont, en effet, vu le cristallin se troubler sous l'action d'un rayonnement ultra-violet intense. Est-ce que la cataracte sénile ne serait pas due à une altération pareille? Cette affection, il est vrai, commence le plus souvent au bord du cristallin, c'est-à-dire dans les régions protégées par l'iris contre l'action directe des rayons ultra-violets. Il est cependant possible que quelque processus simultané empêche au commencement la sclérose du noyau cristallin au centre de ce dernier. Dans le cas où l'œil se trouve exposé à l'action de rayonnements ultra-violets particulièrement intenses, le processus n'ayant pas encore commencé, c'est, en effet, le centre du cristallin qui se trouble le premier, comme on le constate, par exemple, chez les verriers. Il est fort possible que ces affections du cristallin soient à présent plus fréquentes qu'autrefois, alors que nous ne possédions pas encore de lampes si riches en rayons ultra-violets. Aussi convient-il de garantir nos yeux contre les effets nuisibles de ces rayons, non pas seulement à cause des irritations pouvant se produire dans l'œil antérieur, mais parce que les altérations séniles du cristallin peuvent être hâtées par leur action. Les auteurs dont nous résumons les travaux se sont ingéniés à fabriquer un verre protecteur contre les rayons ultra-violets, absorbant ces derniers plus fortement que les verres courants. Les échantillons qu'ils ont présentés au Congrès semblent établir qu'ils ont pleinement réussi à atteindre ce but.

§ 7. — Géographie et Colonisation

La question des ferry-boats et les relations entre la France et l'Angleterre. — Dans une précédente Note[1], nous avons exposé aux lecteurs de la *Revue* les raisons en faveur d'un tunnel sous la Manche. Pour des motifs politiques que nous n'avons pas à discuter ici, le Gouvernement britannique, d'accord avec l'opinion publique du Royaume-Uni, a fait connaître officiellement son opposition à cette entreprise, en même temps qu'il déclarait qu'il y aurait intérêt à étudier d'autres moyens, en particulier les *ferry-boats*, dont on se sert dans d'autres contrées pour la traversée de grands détroits. Une société s'est constituée pour faire aboutir, dans le plus bref délai possible, ce projet, auquel l'opinion anglaise se montre, cette fois, très favorable.

Les *ferry-boats* ou bateaux porte-trains ne sont pas chose nouvelle. Il en existe aux Etats-Unis (traversée des grands lacs et des bras de fleuve), en Italie (détroit de Messine), en Danemark (détroits de la mer Baltique). Partout, ils ont donné des résultats pratiques très intéressants. Sur le lac Michigan, une compagnie, la *Pere Marquette Steamship*, a vu son trafic de marchandises transportées passer, de 1900 à 1904, de 500.000 tonnes à 1.300.000, et le nombre des voyageurs de 25.000 à 75.000. Sur le même lac, une autre compagnie, la *Ann Arbor Railroad*, possède quatre lignes, inaugurées en 1892; là aussi, l'accroissement du trafic a été continu : en 1898, le nombre de tonnes transportées était de 310.000 ; il s'élevait à 475.000, en 1903. Les différentes lignes danoises montrent une progression analogue. Sur la ligne de Copenhague-Malmœ, le nombre des voyageurs était, en 1899-1900, de 18.300; pour la même période, l'année suivante, il fut de 27.500. Pour les marchandises, le trafic passa de 109.364 tonnes, en 1899-1900, à 123.910, en 1900-1901[1].

Les résultats économiques ne sont pas contestables; reste la possibilité technique. Mais quelques-uns des *ferry-boats* existants ont dû être établis dans des conditions particulièrement difficiles. A la Nouvelle-Orléans, une différence considérable dans l'étiage du fleuve (7 mètres) rendait très malaisé l'embarquement des wagons. Sur le lac Michigan, les vents sont d'une très grande violence et les vagues atteignent une hauteur de 6 à 8 mètres. Toutes ces difficultés ont pu être facilement surmontées et aucun accident n'a été signalé. Dans la Manche, la différence de marée peut atteindre parfois 7 mètres et plus; mais le pont du bateau se trouvant à $3^m,30$ au-dessus de la flottaison, ce n'est plus qu'une différence de $4^m,50$ qu'il faut racheter, soit par un ascenseur, soit par un plan incliné. Aux docks de Victoria, à Londres, un ascenseur soulève les grands navires. Les ingénieurs semblent pourtant préférer le plan incliné, qui permettra de raccorder les voies plus vite et qui coûtera moins cher. Il y a à la Nouvelle-Orléans une passerelle analogue à celles que l'on veut établir à Douvres et à Calais; elle est longue de 100 mètres et se termine par un pont-levis qui suit les mouvements du bateau. La pente ne sera exceptionnellement que de 40 pour 1000 au moment des plus basses eaux d'équinoxe. Quant à la place nécessaire, les ingénieurs assurent, avec plans à l'appui, qu'elle est disponible dans les ports de Calais et de Douvres.

L'intensité du trafic entre la France et l'Angleterre est, d'autre part, un sûr garant de la réussite économique du projet. Par le seul fait qu'ils supprimeront le transbordement pour certaines marchandises, les *ferry-boats* amélioreront grandement leur transport. Pour les fruits, par exemple, les avantages sont incontestables. Nos exportations, déjà considérables, de ce produit, pourraient se développer beaucoup. Malheureusement, la longueur du trajet et surtout le transbordement à Boulogne risquent à tout instant de gâter les fruits. L'établissement des *ferry-boats*, comme le fait remarquer M. R. Recouly, permettrait non seulement de supprimer le transbordement, mais encore d'aménager des wagons réfrigérants qui maintiendraient la marchandise dans un parfait état de conservation. Une expérience a déjà été entreprise à ce sujet; des fruits, qui avaient voyagé dans un wagon réfrigérant, se sont vendus au marché de Covent-Garden 30 °/₀ de plus que les autres. Il en est de même de la volaille, du gibier et des viandes. Et aussi, dans un autre domaine, d'une énorme quantité d'objets de luxe qui exigent un emballage très délicat et courent de grands risques s'ils ne sont pas maniés avec une extrême précaution. Enfin, la société des *ferry-boats* demande aux Compagnies de chemin de fer la concession du service de nuit qui est maintenant assez délaissé. Si les touristes qui voyagent pour leur plaisir continuent à prendre les trains de jour, très rapides et très bien organisés, les hommes d'affaires, qui sont obligés de voyager la nuit, trouveront une amélioration notable dans la suppression de l'embarquement et du débarquement, à Calais et à Douvres. A défaut du tunnel, le projet de *ferry-boats* nous semble devoir apporter une amélioration considérable dans les relations entre la France et l'Angleterre.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] Cf. *la Revue* du 15 novembre 1904.

[1] E. de Rodakowski : *The Channel Ferry. Advantages and feasability of a train-ferry between England and France.* London, 1905. Cet ouvrage a été longuement analysé par M. Raymond Recouly dans le *Temps* des 4 et 6 juillet 1907.

Digitized by Google

LE PROBLÈME DE L'ÉROSION ET DU « SURCREUSEMENT » GLACIAIRES

Il est impossible d'entreprendre aucune étude de sciences naturelles se rapportant à la Suisse sans tenir compte des faits glaciaires, et les géologues, botanistes et zoologistes se préoccupent à bon droit des destinées imposées par les quatre grandes glaciations à la partie de la terre émergée que nous habitons. *A fortiori*, les géographes, dont le dessein premier est d'expliquer les formes du terrain, doivent-ils s'efforcer de discerner, dans le paysage et dans la structure terrestres, ce qui incombe à l'action glaciaire.

Je ne rappellerai pas ici les débuts de la Glaciologie. Je me contenterai d'évoquer les grands noms de Charpentier, Venetz, Agassiz, et je mentionnerai surtout la perspicacité divinatrice de Jean-Pierre Perraudin, de ce paysan de Lourtier qui observa, tout à la fois, les phénomènes de transport et les phénomènes d'usure par les glaciers. Dans la brève et dense Notice que notre collègue et ami, M. F.-A. Forel, a consacrée à ce précurseur, il en a reproduit les deux fragments documentaires les plus significatifs, et je me permets de les citer à mon tour.

Le premier est une page authentique de Charpentier :

« La personne que j'ai entendue pour la première fois émettre cette opinion (l'hypothèse qui attribue à des glaciers le transport des débris erratiques) est un bon et intelligent montagnard nommé Jean-Pierre Perraudin, passionné chasseur de chamois, encore vivant au hameau de Lourtier, dans la vallée de Bagnes. Revenant, en 1815, des beaux glaciers du fond de cette vallée, et désirant me rendre le lendemain par la montagne de Mille au Saint-Bernard, je passai la nuit dans sa chaumière. La conversation, durant la soirée, roula sur les particularités de la contrée et principalement sur les glaciers qu'il avait beaucoup parcourus et qu'il connaissait fort bien. Les glaciers des montagnes, me dit-il alors, ont eu jadis une bien plus grande extension qu'aujourd'hui. Toute notre vallée, jusqu'à une grande hauteur au-dessus de la Dranse, a été occupée par un vaste glacier, qui se prolongeait jusqu'à Martigny, comme le prouvent les blocs de roche qu'on trouve dans les environs de cette ville et qui sont trop gros pour que l'eau ait pu les y amener. Quoique le brave Perraudin ne fît aller son glacier que jusques à Martigny, probablement parce que lui-même n'avait peut-être guère été plus loin, et quoique je fusse bien de son avis relativement à l'impossibilité du transport des blocs erratiques par le moyen de l'eau, je trouvai néanmoins son hypothèse si extraordinaire, si extravagante même, que je ne jugeai pas qu'elle valût la peine d'être méditée et prise en considération. »

Le deuxième document est écrit par Perraudin lui-même :

« *Observations faites par un paysan de Lourtier.* — Ayant depuis longtemps observé des marques ou cicatrices faites sur des rocs vifs et qui ne se décomposent point (ces marques sont toutes dans la direction des vallons) et dont je ne connaissais pas la cause, après bien des réflexions, j'ai enfin, en m'approchant des glaciers, jugé qu'elles étaient faites par la pression ou pesanteur des dites masses, dont je trouve des marques au moins jusqu'à Champsec. Cela me fait croire qu'autrefois la grande masse des glaciers remplissait toute la vallée de Bagnes, et je m'offre à le prouver aux curieux par l'évidence, en rapprochant les dites traces de celles que les glaciers découvrent à présent.

« Par l'observateur Jean-Pierre Perraudin[1] ».

Depuis lors, les naturalistes ont fait plus qu'observer les actions de détail des glaciers; ils ont tenté surtout de juger leur œuvre d'ensemble, et tour à tour cette œuvre est apparue comme plus grande, puis comme plus restreinte. Après avoir mis au compte des glaciers une part prépondérante du travail de démolition et d'érosion de nos régions montagneuses, les géographes ont été plutôt tentés de réduire le rôle démolisseur des glaciers, et ils en ont fait par excellence des agents conservateurs du modelé. L'opinion générale en était là lorsqu'en 1899 le Professeur Penck, alors professeur à l'Université de Vienne, aujourd'hui professeur à l'Université de Berlin, l'un des plus méthodiques explorateurs des Alpes et le maître de toutes les études actuelles de topographie glaciaire, profita du Congrès géographique international de Berlin pour attirer l'attention des observateurs sur l'importance du travail opéré par les glaciers. Les glaciers ont « surcreusé » les Alpes. Le mot était nouveau, ce mot d'*Uebertiefung* que Kilian a très heureusement traduit par « surcreusement »; l'on peut dire aussi que l'idée était nouvelle, et, à l'heure où elle fut si vigoureusement exprimée et si habilement défendue, elle était révolutionnaire. Depuis huit ans, géographes et glaciologistes des Etats-Unis et des pays européens ont multiplié les recherches et les discussions pour

[1] Voir F.-A. Forel : Jean-Pierre Perraudin. *Bull. Soc. Vaudoise des Sciences naturelles*, t. XXV, n° 132.

Digitized by Google

élucider le problème du vrai rôle joué par les glaciers.

Penck et Brueckner viennent de nous donner l'énorme ouvrage *Die Alpen im Eiszeitalter*[1], qui est la condensation de toutes les études fragmentaires sur le glaciaire des Alpes et en même temps le dossier original de leur propre théorie. Pour eux, les glaciers ont été les principaux facteurs de l'approfondissement des vallées alpines et, dans le glacier, c'est la glace qui est elle-même le facteur principal de l'arrachement et du surcreusement.

Que faut-il penser de cette thèse, qui a été si féconde, et comment pouvons-nous comprendre aujourd'hui le mécanisme destructif du travail par le glacier? C'est à ces questions que je voudrais répondre le plus brièvement possible en examinant d'une manière critique les traits essentiels de la morphologie glaciaire. Après avoir soumis à l'analyse critique les faits caractéristiques généraux de ce modelé, je grouperai quelques faits morphologiques sporadiques, mais qui n'en sont pas moins typiques et qui possèdent, à ce titre, une valeur exceptionnelle.

I. — Faits caractéristiques généraux de la morphologie glaciaire.

Si nous réduisons à l'essentiel les caractères de la morphologie des vallées glaciaires, nous pourrons les ramener à trois chefs :

1° Le profil transversal de ces vallées est en U. Tandis que les vallées torrentielles toutes fraîches se traduisent en coupe verticale par un V très aigu et se traduisent aussi en plan par des courbes topographiques dessinant des V très aigus vers l'amont, les grandes vallées glaciaires, comme la vallée du Rhône, la vallée de l'Aar, la vallée du Rhin, etc., se traduisent en coupe comme en plan par des U;

2° Le profil longitudinal d'une vallée glaciaire est un profil en escaliers. Tandis que le cours d'eau arrivé à maturité se rapproche de plus en plus du profil longitudinal régulier qui sera le profil d'équilibre, le glacier laisse à découvert après son retrait une vallée qui se décompose en paliers successifs. A chacun de ces paliers correspond même, le plus souvent, une topographie à courbes fermées, et l'on sait, par ailleurs, que cette topographie à courbes fermées est le trait caractéristique par excellence de la topographie des grands espaces, comme la Finlande ou le *Norddeutsches Flachland*, qui ont été longtemps occupés par une calotte glacaire;

3° Lorsque le glacier s'est retiré et que ses glaciers affluents se sont retirés aussi, on découvre un manque de correspondance entre le plafond des vallées affluentes et de la vallée principale. Tandis que la correspondance des niveaux résultant de l'érosion régressive paraît être le cas normal des confluents des résaux hydrographiques, la discordance apparaît, au contraire, comme un fait de morphologie glaciaire. Cette différence de niveau an confluent est appelée par Penck « Mündungsstufe »

Fig. 1. — *Sur le flanc de la Mer de glace de l'Eiger : paroi raide du « trog » glaciaire, et exemple-miniature typique d'un « gradin de confluence ».*
(Photographie de M. Jean Brunhes, août 1907.)

et nous avons proposé de l'appeler en français « gradin de confluence » (voir fig. 1).

Tous ces faits se rencontrent avec une étonnante et normale régularité dans tous les grands sillons alpins qui ont été les lits des grands fleuves de glace, et ce sont bien, en vérité, des marques distinctives de la sculpture déterminée par les glaciers eux-mêmes.

Mais ces faits sont-ils aussi spécifiquement et exclusivement glaciaires qu'on semble le supposer? Sans nier, encore une fois, leur généralité et leur valeur expressive, nous voudrions, par une sorte de critique interne, démontrer qu'il n'y a peut-être pas, entre les procédés de travail du glacier et les procédés de travail des eaux courantes, autant d'opposition ni une aussi forte antinomie qu'on le prétend.

Constatons d'abord qu'en bien des points, le travail torrentiel et le travail proprement glaciaire

[1] Huit livraisons de ce grand ouvrage ont déjà paru à Leipzig, chez Tauchnitz : l'impression et l'illustration sont dignes du texte. Voir le bon article synthétique publié par Paul Girardin, sous le titre : *Le modelé du Plateau suisse à travers les quatre glaciations*, dans la *Revue annuelle de Géographie* du Professeur Vélain, I, 1906-1907, p. 339-371. — Toute une grande partie des chapitres qui concernent les Alpes françaises a été traduite *in-extenso* par Louis Schaudel, sur le conseil de W. Kilian (voir *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble*, 1906 et 1907).

Digitized by Google

voisinent et se mêlent. Là où des glaciers ont longtemps séjourné et où il ne se trouve pas aujourd'hui de cours d'eau défini, là, par conséquent, où la morphologie est restée à peu près identique à ce qu'elle était sous la glace du glacier, nous découvrons des faits authentiques d'action torrentielle. Que sont, en effet, ces énormes marmites du *Gletschergarten* de Lucerne ou du seuil de Maloja, sinon les effets des mouvements tourbillonnaires des eaux ruisselantes? On les appelle « *Gletschermühlen* », mais ces « moulins de glaciers » ne sont que des moulins d'eaux tourbillonnantes.

Reprenons, par ailleurs, l'un après l'autre, les traits regardés comme caractéristiques de l'action glaciaire.

§ 1. — Profil transversal en U.

Voici comment nous analysions les détails de ce type de profil en U dans un Mémoire récent :

« Que l'on se transporte dans une vallée très nettement surcreusée, comme la vallée de la Lütschine Blanche à Lauterbrunnen, au pied du massif de la Jungfrau, et que l'on considère le *trog* ou l'*auge* de cette vallée glaciaire, en face de la cascade du Staubbach par exemple. Quels sont les deux éléments qui produisent la forme en U? Des parois verticales dans le haut, et vers le bas des pentes de puissants éboulis, dont les parties inférieures ont été çà et là reprises, remaniées et étalées par les eaux de ruissellement, terminant ainsi la pente normale raide de l'éboulis par la pente normale beaucoup plus douce du cône de déjection. Que l'on examine ensuite chacun de ces éléments topographiques ou morphologiques : les courbes des pentes dues soit aux éboulis soit au ruissellement n'ont rien de spécifiquement glaciaire; et, quant aux parois des falaises verticales, elles ne sont pas ou ne sont plus moutonnées; elles ont cette irrégularité scoriacée qui résulte de l'éboulement et de l'écroulement. Donc, si la forme d'ensemble du profil transversal est celle de l'auge, cette forme glaciaire résulte de la juxtaposition de deux parties qui n'ont rien de proprement glaciaire.

« Transportons-nous en un autre point des Alpes suisses, dans cette portion de trog glaciaire de la vallée de l'Aar qui est comprise entre la gorge de l'Aar et le lac de Brienz, entre Meiringen et Brienz, et que l'on peut si aisément dominer, puis juger, soit du haut du Kirchet, soit de la route du Brünig, soit de la chute supérieure du Reichenbach. Or, comment est constitué ce trog typique, plus large et à fond plus plat que le précédent? Le fond plat, qui produit la base horizontale de l'U, résulte du colmatage de l'Aar, et, de toute évidence, c'est un élément morphologique fluvial. Quant aux deux parois donnant les branches de l'U, elles sont moins simples, plus hautes et plus étagées qu'elles ne l'étaient dans la vallée de la Lütschine Blanche à Lauterbrunnen : elles se composent de petits méplats séparés par des à-pic; or, les méplats sont interprétés comme des lambeaux de terrasses glaciaires, tandis que les parois des à-pic, sans porter aucune trace glaciaire, sont encore des parois d'écroulement. Et cette analyse nous conduit à cette conclusion inattendue : c'est que les éléments de la forme générale en U qui caractérisent le plus nettement l'U, c'est-à-dire la base horizontale et les branches verticales, ne sont pas glaciaires tandis que les petits paliers échelonnés aux flancs des parois et qui interrompent la verticalité de ces falaises sont les seules portions du profil transversal qui représentent l'authentique morphologie glaciaire. Et ce que nous disons de la vallée de l'Aar, nous pourrions le dire de la vallée du Rhône, de la vallée de l'Isère, de la vallée de l'Inn, de la vallée de l'Adige. Toutes ces grandes auges glaciaires ne sont constituées en auges caractérisées que par des éléments morphologiques qui relèvent de l'érosion des eaux courantes et des suites normales de cette érosion[1]. »

Mais allons plus loin. Certaines formes de vallées fluviales très jeunes se caractérisent aussi par un profil en U; tous ces lits de cours d'eau engagés et enfoncés dans des roches assez résistantes et qui portent le nom de canyon, — canyons du Colorado, du Tarn, de la Sarine, — sont constitués par un fond approximativement horizontal entre deux rives à peu près verticales, et le profil de ces vallées, indiscutablement fluviales, rappelle donc le profil en U des vallées ou des lits glaciaires.

§ 2. — Profil longitudinal en escalier.

Or, toutes les vallées fluviales qui sont jeunes comme le sont nos vallées alpines se décomposent également en escaliers. L'action des glaciers a préformé cette morphologie en escaliers; mais des cours d'eau d'autres pays qui n'ont pas subi de glaciations nous révèlent que les cours d'eau commencent leur travail de régularisation du profil par étapes comme par saccades, et que le lit de tout cours d'eau jeune se décompose en un chapelet de biefs plus ou moins brusquement séparés les uns des autres.

Quant aux courbes fermées que nous rencontrons dans le dessin topographique des pays glaciaires, nous les rencontrons aussi dans le figuré détaillé des lits de nos rivières. Si nous dressons, en effet, des cartes à grande échelle de ces lits fluviaux, nous voyons à quel point la fosse creusée au pied

[1] J. Brunhes : Erosion fluviale et érosion glaciaire, dans *Revue de Géographie annuelle*, t. I, 1906-1907, p. 284-285.

Digitized by Google

de la rive concave d'un méandre s'exprime nécessairement par des courbes fermées. Et jusque dans les plus petits ravins, dans les plus minuscules chenaux des eaux courantes, nous découvrons, à notre grande surprise, dans la topographie du fond, de fréquentes courbes fermées. Ayant étudié de très près toute une série de petits chenaux élémentaires, j'ai tenu à relever avec la plus grande précision l'allure vraie du lit, et j'ai imaginé pour cela d'en prendre des moules authentiques à l'aide d'une cire végétale dite *cérésine*, qui fût à la fois assez souple pour respecter les moindres détails et assez rapide à se durcir pour que l'opération ne fût pas trop compliquée. Je possède toute une collection de reliefs en plâtre obtenus d'après ces moules; si nous examinons cette topographie-miniature, nous constatons que bien des tronçons de ces reliefs torrentiels en grandeur naturelle pourraient être aisément pris pour des levés topographiques de vallées glaciaires à 1 : 25.000 ou à 1 : 50.000[1]. Défions-nous, je le veux bien, de ces ressemblances très apparentes entre phénomènes d'aussi dissemblables dimensions; mais il n'en est pas moins vrai que, par l'analyse minutieuse des plus petits chenaux, puis des lits plus grands de ruisseaux, puis des lits de plus importantes rivières, etc., nous rejoignons, d'une manière étonnamment analogue et continue, la topographie qui est incontestablement torrentielle à la topographie qui passe pour être proprement glaciaire.

§ 3. — Gradins de confluence.

Et nous pourrons en dire tout autant des gradins de confluence. Si nous contemplons, pour ainsi dire, de haut, tout un réseau hydrographique, nous voyons la nappe superficielle des affluents et la nappe superficielle du cours d'eau principal se rejoindre au même niveau. Ce raccord si curieux et comme prémédité paraît bien l'un des faits essentiels de la géographie proprement hydrographique. Mais si, plongeant notre regard au-dessous de la nappe supérieure, nous tentons, par sondages, de vérifier l'allure vraie du fond, nous reconnaissons que, très souvent, le point de confluence de deux cours d'eau est marqué par un véritable gradin. Ce gradin est plus ou moins sensible; il tend à s'atténuer, à mesure que le fleuve vieillit; mais il existe, et il est souvent même, par rapport aux dimensions totales du lit en longueur et en largeur, de proportions tout à fait comparables aux gradins de confluence des lits glaciaires.

[1] J'ai présenté à la Société helvétique ces reliefs eux-mêmes, et j'en ai publié, à titre de spécimens, deux levés topographiques à 1 : 4 faits par un de mes élèves, M. Cesare Calciati, dans l'article cité : Erosion fluviale et érosion glaciaire. *Revue de Géographie annuelle*, t. I, 1906-1907, fig. 4 et 5, p. 286 et 287.

Il faut donc reconnaître que, s'il y a, en toute vérité, une morphologie glaciaire qui, par sa physionomie d'ensemble, s'oppose très nettement à la morphologie fluviale, les détails de cette morphologie, au lieu d'être rigoureusement le propre des faits glaciaires, rappellent des détails analogues de la morphologie fluviale.

II. — Faits sporadiques typiques de la morphologie glaciaire.

Lorsqu'on veut étudier l'action des eaux courantes sur le fond de leur lit, on peut, soit par l'observation, soit par des sondages, apprécier dans une certaine mesure la marche des faits; mais,

Fig. 2. — *Glacier de Vuibez, affluent du glacier d'Arolla. Type de bosse rocheuse en plein glacier.*
(Photographie de M. Jean Brunhes, août 1907.)

lorsqu'il s'agit de discerner l'action propre des glaciers sur leur fond, le problème est bien plus malaisé.

On peut essayer de pénétrer sous le glacier : M. Joseph Vallot a ainsi pénétré de quelques dizaines de mètres sous la Mer de glace; Paul Girardin a tenté également un commencement d'exploration sous-glaciaire; Flusin et Lory ont exploré la grotte du Grand Névé de Belledone; mais, en mettant bout à bout tous les tronçons de lits actuellement glaciaires que nous connaissons, nous serions bien en peine de faire un ruban de 500 mètres.

Un second procédé qui peut nous permettre d'approcher de la réalité des faits localisés sous le glacier, ce sont les forages; l'on sait avec quel succès Bluemcke et Hess, à l'aide des magnifiques subventions du Club alpin autrichien et allemand, ont méthodiquement multiplié les forages sur le

Digitized by Google

glacier d'Hintereis[1]. Ces expériences ont été très fécondes. Toutes les données qu'elles ont fournies sur la vitesse et sur la température des différentes couches de glace des glaciers sont de tout premier ordre. Quant à la connaissance de la topographie du fond du lit par le moyen de ces points de forage, nécessairement très espacés, et atteignant rarement la roche en place du fond, elle ne saurait qu'être fragmentaire.

Dans l'impuissance où nous sommes d'atteindre, pour ainsi dire, le fond du glacier, et de voir de nos propres yeux en pleine activité le mécanisme de son travail, il ne nous reste qu'un dernier moyen de tenter la découverte de ce que nous cherchons : c'est d'examiner les parties du sol terrestre qui ont été le plus récemment délaissées par les glaciers; c'est là qu'on aura, de toute évidence, le plus de chances de rencontrer les formes propres au modelé glaciaire dans un état de fraîcheur et de conservation qui autorise à en tirer quelques générales conclusions.

Les glaciers d'aujourd'hui sont presque tous en retrait. Après la grande période de crue de la première partie du XIXe siècle, qui a marqué une des avancées les plus considérables des systèmes glaciaires survenues durant tous les temps historiques, il s'est manifesté un recul général de ces mêmes appareils, qu'ont à peine atténué ou arrêté les petites oscillations de cette crue secondaire que Forel a spirituellement appelée « la crue fin du XIXe siècle ». Pour qui veut découvrir le vrai modelé glaciaire par l'étude des « laisses » glaciaires, l'heure est très opportune, puisque les glaciers sont en train de découvrir leur lit au lieu de tendre à le recouvrir.

1. *Bosses.* — Or, parmi tous ces glaciers qui sont en pleine retraite, beaucoup laissent apparaître, au milieu de leur dernière masse de glace, des proéminences de roche en place, des bosses qui partagent même le plus souvent le fond du glacier en deux langues. Soit que la roche se trouve très nettement saillante, comme au glacier supérieur de Grindelwald, comme au glacier de Vuibez, affluent du glacier d'Arolla, comme au glacier d'Ober-Aletsch, affluent du glacier d'Aletsch, soit que la présence de la proéminence centrale du fond se manifeste simplement par un bombement du glacier, soit que cette saillie rocheuse présente l'apparence d'une longue échine découverte, en contact avec la glace, comme au glacier de Saas-Fee (Lange Fluh) ou immédiatement en avant du front actuel du glacier de Zanfleuron, partout les phénomènes correspondent à une morphologie très distinctive, à savoir, le renflement du fond rocheux du lit du glacier vers son centre (fig. 2 et 3[1]).

Fig. 3. — *Glacier de Saas-Fee. Type d'echine rocheuse allongee entre les deux bras du glacier : Lange Fluh.* — A noter aussi la bosse secondaire qui commence à être très nettement saillante à l'extrémité de la langue droite de ce glacier, entre les deux chenaux latéraux de principale concentration torrentielle.
(Photographie de M. Jean Brunhes, août 1907.)

[1] Voir Paul L. Mercanton : Forages glaciaires. *Arch. Sciences physiques et naturelles*, 110e année, 4e pér., t. XIX, 1905, p. 367-379 et 451-471.

[1] Ces figures, comme toutes celles qui accompagnent cet article, sont inédites; elle s'ajoutent par suite, sans aucun double emploi, aux documents photographiques déjà publiés

Digitized by Google

2. *Platten.* — Dès que nous descendons les vallées à la tête desquelles stationnent les glaciers actuels, en suivant par conséquent la route le long de laquelle ils ont si longtemps transporté leurs masses de glace, nous sommes encore frappés par des traits de relief qui rappellent à s'y méprendre ces bosses chauves que nous venons de noter et de grouper : il s'agit de saillies en forme de croupes, qui présentent des caractères si uniformes que, dans la plus grande partie des Alpes allemandes, les paysans leur ont spontanément donné le nom de *Platten*; ce terme générique évoque l'idée d'une espèce de seuil calleux, et très souvent aussi, sur la partie d'amont de cette croupe, s'est établie une minuscule agglomération, qui a profité de la situation et de l'orientation. Ces *Platten* sont arrondies et modelées selon le même type que les bosses proprement glaciaires; elles sont séparées des deux versants de la vallée par deux dépressions qui les flanquent, et très souvent l'une de ces deux dépressions est aujourd'hui beaucoup plus profonde que l'autre, car elle est le siège actuel du lit torrentiel, repris, creusé, approfondi par les eaux. Comme exemples de *Platten* (fig. 4 et 5), signalons celles que nous avons observées et déjà décrites dans le

Fig. 4. — *Double* **Platten**, *en avant du front actuel du glacier d'Aletsch.* — Là, se rencontraient deux glaciers, et à chacun des glaciers correspond un de ces accidents morphologiques typiques [1].
(Photographie de M. Jean Brunhes, août 1905.)

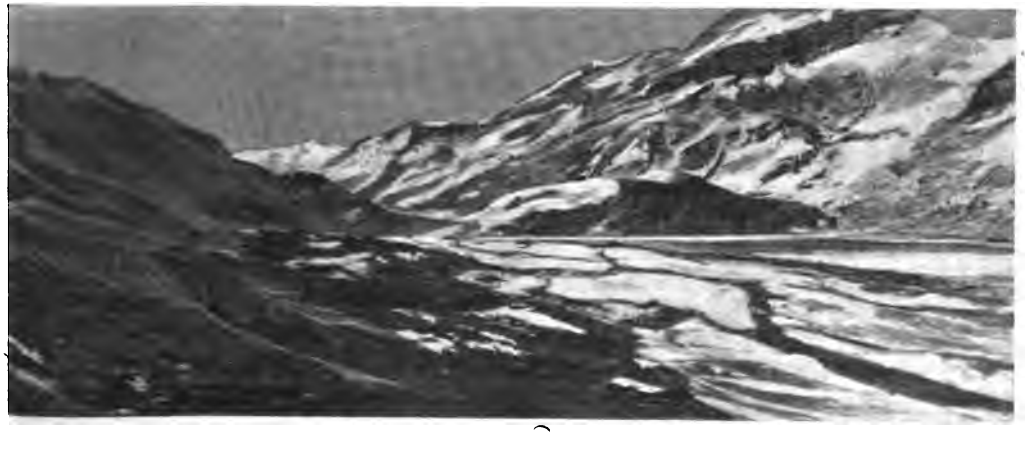


Fig. 5. — *Platten en avant du glacier des Fours (Haute-Tarentaise). Vue prise vers l'aval après une chute de neige. En avant, le « Plan des eaux ».*
(Photographie de M. Paul Girardin.)

dans : *Erosion fluviale et érosion glaciaire* (bosse du glacier supérieur de Grindelwald, bosse du glacier d'Ober-Aletsch, etc.)

[1] M. de Lapparent a reproduit cette figure, en la commentant, dans la troisième édition de ses *Leçons de Géographie physique*, Paris, Masson, 1907, p. 217.

Digitized by Google

Loetschental, celles qui se trouvent en avant du glacier d'Aletsch, en avant du glacier de Fiesch, celle aussi que l'on observe au-dessous du glacier de Durand (Val d'Anniviers) ou du glacier d'Uebeltal (Tyrol)[1].

3. *Inselberge.* — Descendons encore plus bas dans les grandes vallées alpines. Çà et là, au milieu du fond, se dressent des îlots, parfois très doux de forme, souvent boisés, souvent aussi dominés par quelque château ou quelque petite ville, et qui doivent jouer, dans nos recherches de topographie morphologique, un rôle aussi considérable que celui qu'ils ont effectivement joué en géographie humaine : monticules boisés de Salzbourg, buttes de Riva, buttes de Sion, grand Belpberg du Quertal de l'Aar, entre Berne et Thoune, etc., tous ces vrais îlots se dressant au milieu des vallées glaciaires sont bien, en vérité, des *Inselberge*, ainsi que les a dénommés Penck, d'après l'un d'entre eux, le très célèbre *Iselberg*, situé près d'Innsbruck. Et, pour prendre des exemples tout proches de nous, et appartenant à la vallée de la Sarine, nous constatons deux *Inselberge* très représentatifs : celui de Château d'Oex et celui de Gruyères. Dans le bassin de Château d'Oex, rempli de moraines et de cônes de déjection, une butte crétacique s'élève en plein milieu, représentant seule dans le sens transversal le pointement des roches en place. A l'aval, et en avant de cette butte crétacique, s'en trouvent trois autres de plus en plus petites, qui sont comme le prolongement longitudinal de cette crête centrale. C'est sur cet *Inselberg* qu'a été construit le château. Du pays d'Enhaut, suivons le cours de la Sarine et arrivons à la Gruyère : la vallée est comme coupée par une petite élévation rocheuse qui s'allonge, celle-là, transversalement; et, sur cette saillie, ont été bâtis le château et la petite ville de Gruyères. L'*Inselberg* de Gruyères est bien un *Inselberg*, séparé par une dépression très nette du versant de la rive droite et par une dépression moindre, quoique encore visible, du versant de la rive gauche. Un pédoncule rocheux rattache Gruyères à ce flanc gauche, mais ce pédoncule est si surbaissé que la voie ferrée électrique récemment construite, qui remonte aujourd'hui la vallée de la Sarine, le traverse par une petite tranchée sans qu'on ait même dû construire un tunnel.

Fig. 6. — *Type de barre transversale; le Kirchet de l'Aar, vu de l'amont, avec son renflement proeminent vers le milieu.* (Photographie de M. Jean Brunhes, 1905.)

4. *Barres.* — Un quatrième fait morphologique doit être encore rapproché des trois précédents.

Ce sont les barres, ces curieuses barres qui interrompent complètement le thalweg de quelques vallées alpines et qui sont souvent le lieu de vallées épigénétiques. Dans un Mémoire qui remonte à 1902, le Professeur Lugeon a étudié l'origine de ces cas d'épigénie. Je n'examinerai pas ici ces barres à ce point de vue là, mais je les observerai au point de vue de leur forme générale. Qu'il s'agisse de la barre de Saint-Maurice dans le Bas-Valais, ou qu'il s'agisse du Kirchet à travers la vallée de l'Aar (fig. 6), en amont de Meiringen, ou qu'il s'agisse encore des barres multiples de la Haute-Engadine, et notamment de la barre rocheuse qui ferme la vallée en aval de Saint-Moritz, déterminant le lac bien connu, ces faits de topographie si originaux manifestent toujours une proéminence vers le milieu de la vallée. Les deux dépressions latérales ont été sou

[1] Voir les photographies de plusieurs autres de ces bosses dans l'article cité : Erosion fluviale et érosion glaciaire.

Digitized by Google

mises à des destinées très variables : tantôt l'une d'elles est comblée de moraines; tantôt, au contraire, elle est presque à nu; tantôt l'autre a été vigoureusement approfondie par l'action tourbillonnaire des eaux courantes et nous offre aujourd'hui le spectacle d'une gorge à marmites; tantôt, au contraire, l'eau du ruisseau ou de la rivière présente s'étale sur l'ensellement d'origine glaciaire. Ce qu'il importe avant tout de noter, c'est la physionomie d'ensemble qui rattache directement ces formes à la forme des trois types d'accidents topographiques que nous avons précédemment analysés.

Entre tous ces faits, il existe une concordance trop nette pour que nous ne soyons pas autorisés à en tirer quelques conclusions. Il semble bien que là où le glacier est passé et où il a respecté sur son fond quelque relief en sensible saillie, il l'ait surtout respecté dans la partie qui correspond au milieu de son cours. Le glacier détermine ainsi une forme qui, tantôt est *bosse*, tantôt *Platten*, tantôt *Inselberg* et tantôt *barre*, mais qui toujours révèle une plus grande intensité de travail sur les bords qu'au centre. N'est-il pas légitime d'en déduire que la glace toute seule n'opère pas le creusement sous-glaciaire? Là où la glace est le plus abondante et mue de la vitesse la plus grande, le creusement nous est révélé moins puissant. Là, au contraire, où se trouvent les principales zones de fusion, sur les deux côtés du glacier, là, par conséquent, où les eaux ont le plus de chances de se coaliser et de former des filets torrentiels plus ou moins continus et plus ou moins forts, il se trouve que le creusement semble, dans un très grand nombre de cas, être plus important.

C'est, d'autre part, un fait général bien curieux que ce dédoublement de l'émission torrentielle sous-glaciaire; lorsque les eaux échappent au glacier, elles tendent à se réunir et à ne plus former qu'un thalweg. Mais bien souvent les eaux sortent du glacier sous la forme de deux chenaux correspondant approximativement aux deux flancs du glacier : ce phénomène, nous l'avons observé nous-même (voir fig. 7 et qu'on se reporte également ci-dessus à la fig. 3); les bonnes cartes topographiques nous le révèlent aussi : témoin le levé au 1 : 5.000 que M. Paul Girardin a fait du glacier des Évettes et qu'il a publié dans le premier numéro de la *Zeitschrift für Gletscherkunde*; témoin aussi les nombreuses et élégantes feuilles déjà publiées de la carte de l'Islande au 1 : 50.000; témoin le nouveau relevé que M. Paul Girardin vient de publier à 1 : 5.000 du Glacier de Bézin en Maurienne dans le *Bulletin de la Société neuchâteloise de Géographie* (t. XVIII, 1907).

Signalons, à titre de fait de confirmation, cette curieuse expérience, faite au glacier du Rhône, rapportée par Forel, et à laquelle l'étonnement des deux glaciéristes qui en ont été les témoins donne une singulière valeur :

« Le 22 août, à 8 h. 30 du matin, nous avons versé 2 kilogs de fluorescéine, en solution sodique, dans un ruisseau qui longeait la rive droite du glacier, au pied de la grande moraine marginale, au lieu dit le *Golfe des Moraines*, en amont de la grande chute de glaces. Ce ruisseau, d'un débit de 0,2 m³ par seconde, se précipitait dans un puits pour se perdre dans le glacier.

« Après avoir versé la couleur dans ce ruisseau, pendant que nous descendions la Saas pour nous rapprocher de la porte du Rhône, où nous voulions surveiller l'apparition de la fluorescéine, nous

Fig. 7. — *Glacier d'Allalin.* — On voit comment l'écoulement torrentiel sous-glaciaire s'échappe latéralement du glacier pour venir ensuite s'incurver devant le front du glacier.
(Photographie de M. Jean Brunhes, août 1907.)

avons fait une constatation intéressante. A 9 h. 15 environ, l'eau du ruisseau qui sort du flanc droit du glacier, à côté de la grande chute des glaces, et qui forme cascade de quelques dix mètres de hauteur avant de s'enfoncer de nouveau sous le glacier, nous apparut colorée en beau vert fluorescent. C'était notre ruisseau du Golfe des Moraines, qui, au lieu de descendre sous le corps du glacier, comme nous l'avions supposé, pour aller se jeter, au milieu du thalweg, dans le torrent sous-glaciaire du Rhône, avait gardé pendant longtemps son indépendance, en restant latéral pour sortir même du glacier, et pour ne rejoindre le torrent principal que dans les derniers cents mètres de son trajet sous-glaciaire[1]. »

[1] *Les variations périodiques des glaciers.* Dix-neuvième rapport, 1898 (Berne, 1899), p. 4.

Digitized by Google

Lorsque nous constatons, d'une part, la « famille » de ces faits morphologiques sporadiques, et, d'autre part, l'existence, assez fréquente, du double écoulement torrentiel glaciaire, nous ne sortons pas de l'ordre des faits positifs; et ce que nous apportons comme dossier d'observations ne saurait être ni discuté, ni contesté. A ce dossier, nous ajoutons un essai d'interprétation de l'érosion glaciaire, et sur ce dossier nous l'appuyons, quitte à déclarer très nettement que là commence l'hypothèse et que là doit se placer la discussion critique.

La coïncidence de ces faits indéniables nous amène, en effet, à croire que le facteur principal du creusement sous le glacier — et donc par le glacier — ce sont les eaux courantes.

Ces eaux sont toujours liées au glacier. Il n'y a pas de glacier qui ne subisse dans sa masse, et au moins en quelque saison de l'année, quelque effet de fusion; des glaciers septentrionaux qui, pendant de longs mois, donnent naissance à une très faible quantité d'eau de fusion, fournissent, à certains moments et en certains cas, des eaux sous-glaciaires si abondantes qu'elles se traduisent par de véritables débâcles. M. Charles Rabot a très heureusement attiré l'attention sur la fréquence et sur l'importance de ces débâcles, ainsi que sur les conséquences de ces « coups d'eau » au point de vue des phénomènes de creusement violent et de dépôt rapide. Les appareils glaciaires qui n'auraient pas de torrent glaciaire creuseraient-ils, et les rares glaciers qui n'ont jamais exercé qu'une faible influence sur le relief ne seraient-ils pas précisément ceux qui seraient dépourvus de cet adjuvant si puissant? En une série de Mémoires antérieurs, j'ai montré à quel point l'action et la « tactique » tourbillonnaires expliquent le pouvoir d'attaque des eaux courantes; les eaux torrentielles sous-glaciaires ont ce pouvoir parce qu'elles ont cette tactique. La glace n'a aucun moyen, ni correspondant, ni équivalent, d'élever à un tel degré sa puissance, et nous ne saurions comprendre qu'en recourant à une hypothèse gratuite des actions aussi importantes à mettre au compte de la glace toute seule. Les eaux sous-glaciaires, qui circulent en général sur les deux flancs du glacier, travaillent là tout comme elles travaillent ailleurs. Elles attaquent le fond par places et par saccades, et elles doivent tout naturellement créer au début deux sillons à peu près semblables à ces canyons ou à ces gorges que nous observons si souvent à ciel ouvert; par contre, vers le milieu du fond du glacier, là où les eaux semblent se réunir et s'accumuler avec moins de régularité, le travail est moindre et la roche reste en saillie. Après le travail des eaux, et simultanément avec ce travail, la masse de la glace, qui est animée d'un mouvement très net de descente, agit à son tour par son poids et par son frottement; la glace opère son travail, qui est un travail d'arrachage et de polissage, de nettoyage et de rabotage. La roche en marche qu'est le glacier s'arcboute et s'appuie, pour ainsi dire, sur les deux sillons entamés par les eaux sous-glaciaires; sa prise sur la roche du fond est d'autant plus grande, et, lorsque l'action dure longtemps, tous les reliefs du centre du cours sont eux-mêmes débités et emportés; mais, lorsque le glacier se retire avant d'avoir pu achever complètement son œuvre de creusement propre, les protubérances qui subsistent doivent avoir tout naturellement cette forme caractéristique de saillie vers le centre, que nous avons soigneusement décrite et signalée.

Ainsi s'expliqueraient tout à la fois et ces faits sporadiques et les faits caractéristiques généraux des vallées glaciaires : la liaison que nous avons établie entre certains éléments de la topographie regardée comme proprement glaciaire et ceux de la topographie fluviale se comprendrait d'une manière toute naturelle, puisqu'à l'élaboration du trog glaciaire lui-même coopèrerait, dans une certaine mesure, l'action des eaux courantes; et, quant à la forme par excellence de ce trog, le profil transversal en U, il résulterait de la mise en présence de deux parois approximativement verticales appartenant aux deux canyons primitifs sous-glaciaires : le glacier, comme agent incessant d'usure et de déblaiement parvient à la longue à supprimer tout relief central, et, à ce même titre, il avive incessamment le pied de la « falaise », à peu près verticale, de chacun de ces canyons latéraux, si bien que l'érosion latérale des versants n'existe, pour ainsi dire, pas: ils ne subissent que des actions de creusement direct et d'écroulement. En fin de compte, le lit du glacier est bordé de parois qui ont la raideur des flancs d'un caynon ou du mur presque vertical d'une falaise de roche dure battue par les vagues de la mer.

III. — Conclusions.

Le glacier creuse donc à sa manière, mais la glace ne travaille pas seule. Les eaux, les eaux sous-glaciaires, qui font partie intégrante de tout appareil glaciaire vivant, opèrent, elles aussi, à leur manière, et cette manière est la manière forte, la manière d'attaque vigoureuse à l'aide des tourbillons. Un appareil glaciaire qui n'aurait aucune eau de fusion, qui ne serait jamais l'occasion de débâcle, serait-il un facteur de creusement? Encore une fois, nous ne le pensons pas; et c'est, sans doute, à des cas de cet ordre, d'ailleurs assez rares, qu'il faudrait faire remonter la responsabilité des exemples qu'on a pu observer et citer de très faible ou de nulle érosion glaciaire.

Digitized by Google

En associant ainsi les deux forces d'actif creusement par les eaux courantes et de rabotage par la glace, on explique toutes les formes essentielles des vallées dites glaciaires.

D'autres, en vérité, ont fait parfois appel, pour expliquer la morphologie glaciaire, à l'action des eaux, des eaux torrentielles, des eaux sous-glaciaires; mais, en leurs hypothèses et suivant leur raisonnement, il semble toujours que l'action des eaux corresponde à un « acte » déterminé, puis l'action de la glace à l' « acte » suivant. Cette alternance de « péripéties » tantôt glaciaires, tantôt fluviales, leur a fait concevoir des phases successives, phases de creusement torrentiel, phases de creusement glaciaire; et, pour eux, le creusement torrentiel impliquait presque nécessairement une période de retrait des glaces, une période de ruissellement préglaciaire ou interglaciaire.

Mon effort d'interprétation se rattache dans une certaine mesure à ces catégories qui joignaient la puissance d'érosion torrentielle à la puissance d'érosion glaciaire; mais il s'en distingue nettement par les relations qu'il suppose entre ces deux types d'érosion[1]. Pas de succession forcée, mais simultanéité. En même temps que la glace des glaciers, et sous le glacier, et à l'âge même du plein développement du glacier, et en proportion même de la masse de glace qui s'est accumulée dans le lit glaciaire, les eaux sous-glaciaires mènent leur train, et leur œuvre propre prépare l'arrachement et le façonnement final par la glace.

Eaux et glace travaillent ensemble, collaborent et coopèrent, s'entr'aidant sans cesse pour l'œuvre définitive, qui sera le trog glaciaire. L'érosion torrentielle sous-glaciaire est seulement guidée et, comme nous l'avons dit ailleurs, « disciplinée » par le glacier[1]; cette distribution des courants d'écoulement et la « discipline » de l'érosion fluviale qui en résulte suffisent à déterminer quelques-uns des traits essentiels et spécifiques de ce modelé défini qui est le modelé glaciaire. La collaboration érosive de l'eau et de la glace du glacier légitime encore une fois la dénomination différentielle d'érosion glaciaire.

Conception moins abstraite, qui sépare moins les diverses forces et les divers éléments qui travaillent à l'œuvre finale, et qui nous paraît, par son principe d'irrégulière brusquerie et de complète simultanéité, correspondre beaucoup plus à l'ensemble des faits réels que la Géographie physique constate et qu'elle s'efforce d'expliquer[2].

Jean Brunhes,
Professeur de Géographie aux Universités de Fribourg et de Lausanne.

[1] Mon collègue de Zurich, M. le professeur Früeh, m'écrivait à la date du 13 décembre 1907 : « D'après ma conférence à Saint-Gall lors de la réunion annuelle de la Société helvétique des Sciences naturelles, vous pouvez constater que nous nous trouvons d'accord sur un point (Kilian, vous et moi, et tous les trois d'une manière indépendante) : c'est que, pendant l'époque quaternaire, les vallées des Alpes et du Vorland alpin n'ont pas été modelées exclusivement par les glaciers. Et encore vous-même, vous allez plus loin : vous constatez, grâce à l'érosion sous-glaciaire, une érosion importante de glaciers, puisque vous leur accordez la possibilité d'emporter une multitude de bosses, d'échines, de colonnes vertébrales entre les deux gorges latérales et fluvio-glaciaires que vous décrivez. Quant à votre manière d'expliquer la genèse du surcreusement, je ne suis pas encore persuadé; mais chaque observation faite par chacun de nous nous aidera à nous comprendre mutuellement ». — Voir d'ailleurs J. Frueh : L'érosion glaciaire au point de vue de sa forme et de son importance (Compte-rendu de la Société helvétique dans *Archives des Sc. phys. et nat.*, XXII, p. 351-354); et W. Kilian : L'érosion glaciaire et la formation des terrasses (*La Géographie*, XIV, 1906, p. 261-274). — Parmi les géologues qui ont vivement insisté avec grande raison sur l'importance des phénomènes torrentiels, citons encore L. Carez, puis H. Douxami, en plusieurs Mémoires et notamment en celui-ci : Observations sur quelques phénomènes torrentiels du bassin de l'Arve (Haute-Savoie) dans les *Annales de la Société Linnéenne de Lyon*, t. XL, 1906. Parmi les géographes, rappelons aussi les travaux de Charles Rabot, Paul Girardin, Chaix-Du Bois et, d'une manière toute spéciale, E. A. Martel.

[1] J. Brunhes : Sur une explication nouvelle du surcreusement glaciaire. (*Comptes-rendus Académie Sciences*, séance du 5 juin 1906).

[2] Conférence faite à Fribourg, dans la séance générale du 29 juillet 1907, de la session annuelle de la Société helvétique des Sciences naturelles.

L'HYPOTHÈSE DU CHAMP MOLÉCULAIRE ET LA PROPRIÉTÉ FERROMAGNÉTIQUE

Ce n'est qu'assez récemment que les phénomènes magnétiques ont cessé d'être rebelles aux théories cinétiques. Il était impossible de ne pas être frappé des ressources qu'offre l'électron décrivant une trajectoire fermée pour la réalisation du courant particulaire d'Ampère ou de l'aimant élémentaire de Weber. Eu égard aux succès que l'électron comptait déjà à son actif, et dont le plus retentissant est peut-être la prévision du phénomène de Zeeman par H. A. Lorentz, la voie pouvait, à première vue, sembler largement ouverte vers une théorie électronique du magnétisme; en réalité, le problème

Digitized by Google

était singulièrement épineux. W. Voigt et J. J. Thomson, qui l'ont abordé l'un et l'autre, sont arrivés à cette conclusion que l'hypothèse d'électrons en mouvement non amorti ne peut fournir aucune représentation des phénomènes permanents du magnétisme et du diamagnétisme.

M. Langevin a été plus heureux en attribuant le diamagnétisme et le paramagnétisme à des causes différentes. Le diamagnétisme, aussi général que le phénomène de Zeeman auquel il est intimement lié, appartient à tous les atomes, quels qu'ils soient. Il consiste dans la déformation des orbites des électrons par le champ magnétique. Ce phénomène, en tant qu'intérieur à l'atome, n'est pas modifié par le mouvement de translation ou de rotation de celui-ci, ou de la molécule. Il est donc indépendant de la température, comme l'expérience le prouve.

Ce premier point acquis, M. Langevin arrive à l'explication du magnétisme en introduisant une distinction des molécules en deux catégories, fondée sur l'idée de symétrie dont Pierre Curie a montré toute la fécondité en Physique. Chaque molécule contient probablement un grand nombre d'électrons, décrivant des orbites fermées dont chacune fournit un certain moment magnétique. Le moment magnétique résultant peut alors être nul par suite de la symétrie avec laquelle les orbites sont disposées dans la molécule, et, le champ magnétique extérieur n'ayant aucune prise sur la molécule considérée comme un tout, son action se borne à la polarisation diamagnétique. Dans le cas contraire, où le moment magnétique résultant est différent de zéro, le champ tend à orienter les molécules. Mais l'agitation thermique et les chocs entre molécules auxquels elle donne lieu tendent à détruire constamment cet effet du champ, de sorte que le résultat final est un équilibre statistique dans lequel l'agitation thermique dérange les molécules autant que le champ les oriente dans le même temps.

C'était ici le nœud de la question. M. Langevin a su voir que le problème rentre dans une question de Dynamique déjà résolue d'une manière très générale par la loi de Maxwell-Boltzmann sur la répartition des molécules entre des positions correspondant à diverses valeurs de leur énergie potentielle. Cette idée lui a fourni la loi de l'aimantation d'un gaz magnétique. Ici encore, la loi de dépendance de la température, trouvée théoriquement, est d'accord avec l'expérience : la susceptibilité, rapportée à l'unité de masse, d'un corps paramagnétique est en raison inverse de la température absolue. La théorie indique aussi que l'aimantation ne croît proportionnellement au champ que tant que celui-ci est relativement faible et que, dans les champs très intenses, elle tend vers une valeur limite, une saturation, qui correspond à l'orientation complète de tous les aimants élémentaires. Or, la force vive des molécules, qui intervient dans la formule de M. Langevin, est connue par la mesure des chaleurs spécifiques. Il a donc pu calculer la grandeur des champs nécessaires pour obtenir une aimantation de grandeur déterminée. On ne s'écarte de la région de proportionnalité, pour l'oxygène à la température ordinaire, qu'avec un champ de cent mille gauss que nous ne savons actuellement produire. A plus forte raison, les champs nécessaires pour l'approche de la saturation sont-ils inaccessibles. De là, les coefficients d'aimantation constants du paramagnétisme expérimental.

M. Langevin s'en est tenu à la théorie du magnétisme des gaz parfaits. Pour indiquer comment il prévoyait l'extension de sa théorie, je ne saurais mieux faire que de le citer textuellement : « On voit donc quelle est, dans les substances ferromagnétiques, l'importance des actions mutuelles entre les molécules, qui seules rendent possible la saturation magnétique encore extrêmement éloignée, pour le même champ extérieur, dans le cas des substances faiblement magnétiques, où les actions mutuelles ne sont pas sensibles. De ce point de vue se justifie pleinement l'assimilation, faite par Pierre Curie, de la transition entre le magnétisme faible et le ferromagnétisme à la transition entre les états gazeux et liquide, où les actions mutuelles jouent un rôle essentiel. Dans l'état gazeux pur, comme dans le magnétisme faible, chaque molécule réagit individuellement par son énergie cinétique seule contre les actions extérieures, pression ou champ magnétique. »

J'ai imaginé une hypothèse extrêmement simple pour ces actions mutuelles que M. Langevin avait reconnues être inévitables. J'admets que *l'action de l'ensemble des molécules sur l'une d'entre elles est équivalente à un champ magnétique uniforme proportionnel à l'intensité d'aimantation et dirigé comme elle.* On pourrait l'appeler le *champ intérieur*, par analogie avec la pression intérieure de van der Waals, qui, ajoutée à la pression extérieure, exprime les propriétés des liquides au moyen des lois des gaz parfaits. Mais cette expression prêterait à des confusions. Je lui ai préféré celle de *champ moléculaire.* Aussi bien sera-t-on amené à considérer, comme dans la capillarité, une sphère d'action moléculaire. Sans faire aucune hypothèse sur les forces qui, dans un solide, s'opposent à la translation des molécules, j'ai admis, en outre, que *ces actions mutuelles d'origine magnétique sont les seules qui interviennent dans la rotation des molécules, ou, en d'autres termes, qu'à part le champ moléculaire, celles-ci tournent aussi librement dans un métal magnétique que dans un*

Digitized by Google

gaz parfait. Il est indiscutable que cette hypothèse est assez risquée et qu'elle ne peut être justifiée que par le succès; la possibilité de diriger l'aimantation dans n'importe quel sens montre, d'ailleurs, qu'on ne saurait refuser aux molécules une certaine mobilité d'orientation.

I

Un liquide, on le sait, peut exister sous une pression extérieure nulle ou même négative, sous la seule pression intérieure, par conséquent. Quand le champ magnétique est nul, l'aimantation I est produite par le champ moléculaire H_m seul. Elle est assujettie à se trouver (fig. 1) sur la courbe de la théorie de Langevin et sur la droite OA correspondant à la proportionnalité au champ moléculaire. On montre facilement que l'aimantation AA' déterminée par ces deux conditions est stable. Nous aurons donc à mettre d'accord cette conception assez imprévue d'une aimantation finie obtenue dans un champ nul avec les faits expérimentaux du ferromagnétisme dans lesquels le champ extérieur joue un rôle considérable, et pour cela nous invoquerons plus loin les propriétés ferromagnétiques des cristaux. Pour le moment, remarquons seulement que, par suite de la petitesse de la susceptibilité paramagnétique, il faudrait des champs énormes pour augmenter encore cette aimantation spontanée; elle ne peut donc être égale qu'à ce que l'on appelle communément l'intensité d'aimantation à saturation à la température considérée.

Pour répéter le calcul que nous venons d'esquisser pour les différentes températures, il faudra faire varier l'*échelle* des abscisses de la *courbe* de la figure 1

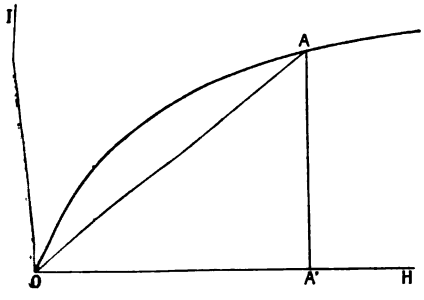


Fig. 1. — *Aimantation dans un champ magnétique nul.*

proportionnellement à la température absolue, la *droite* OA restant invariable. L'intensité d'aimantation AA' diminue donc quand la température s'élève; elle s'annule pour une certaine valeur θ, qui sera la température de disparition du ferromagnétisme spontané.

L'hypothèse du champ moléculaire donne donc pour la première fois, par la voie déductive, la loi de décroissance de l'aimantation en fonction de la température. Cette loi est représentée par la courbe de la figure 2. Il s'agit maintenant de comparer cette loi aux résultats de l'expérience. Mais, dans un champ nul, l'aimantation est masquée, en même temps que la structure cristalline des métaux usuels, par l'effet de moyenne qui leur donne une fausse apparence d'isotropie. Il faudra donc appliquer un

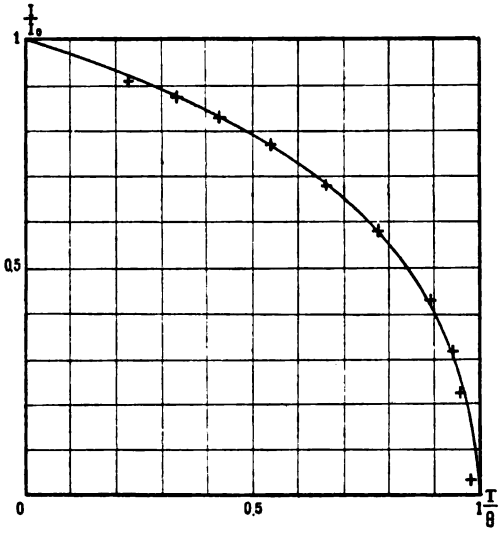


Fig. 2. — *Décroissance de l'aimantation en fonction de la température.*

champ extérieur qui, surmontant les résistances opposées à l'orientation de l'aimantation par la structure cristalline et les champs coercitifs, coordonnera l'aimantation en tous les points du corps et la rendra observable. Et l'on ne saurait craindre d'employer à cet effet un champ trop puissant, car, comme nous l'avons dit, il sera toujours négligeable par rapport au champ moléculaire. C'est donc la variation en fonction de la température de l'intensité à saturation, au sens habituel du terme, qu'il convient d'observer. Cette intensité ne coïncide, remarquons-le en passant, avec la saturation absolue de la théorie de Langevin qu'à la température du zéro absolu, où nulle force vive d'agitation ne s'oppose à l'orientation des molécules.

Il n'y a guère, parmi les expériences anciennes, que celles de Pierre Curie, sur le fer, dans un champ de 1.300 gauss, qui aient été faites dans les conditions requises. J'ai donc été amené à faire de nouvelles expériences sur les autres substances Pour obtenir réellement la saturation, il faut se servir d'un électro-aimant puissant et l'entrefer, de cet appareil doit être assez étendu pour recevoir un four électrique permettant d'y obtenir des températures élevées. Ces conditions sont facilement réalisables par une nouvelle méthode de mesure des intensités d'aimantation, qui consiste à faire tourner l'aimant autour d'un axe vertical, et avec lui le champ magnétique, jusqu'à ce que le couple

Digitized by Google

exercé sur un petit ellipsoïde de la substance soit maximum. Ce maximum est égal au carré de l'intensité d'aimantation à saturation multiplié par un facteur constant qui ne dépend que de l'ellipsoïde. Point n'est besoin de connaître la valeur du champ, pourvu qu'il soit suffisamment intense, ni son orientation au moment du maximum. La figure 3 représente le fort électro-aimant monté sur pivot avec lequel ces mesures ont été faites. On y voit, en haut, le ressort de torsion auquel était suspendue la substance, au moyen d'une longue tige de cuivre terminée, à la hauteur des pièces polaires, par une sorte d'étrier au milieu duquel se trouve le four électrique. Le champ très uniforme donné par les pièces polaires planes de 15 centimètres de diamètre est de plus de 8.000 gauss.

Ce four électrique consiste en une carcasse métallique portant une hélice de platine enroulée bifilairement et isolée au moyen de kaolin. J'ai fait d'assez nombreux tâtonnements avant d'obtenir, dans un appareil d'aussi petites dimensions, une température suffisamment uniforme. Je suis arrivé finalement à une variation de 1° à peine au voisinage de 500°, dans un espace de 2 centimètres, grâce à la bonne conductibilité de la carcasse métallique. Deux fours ont été construits. Celui qui est représenté dans l'aimant est en cuivre et permet d'atteindre, sans oxydation excessive, la température de 650°; l'autre, entièrement en platine, a été porté sans détérioration à 1400°. Les températures sont mesurées avec un couple Le Châtelier.

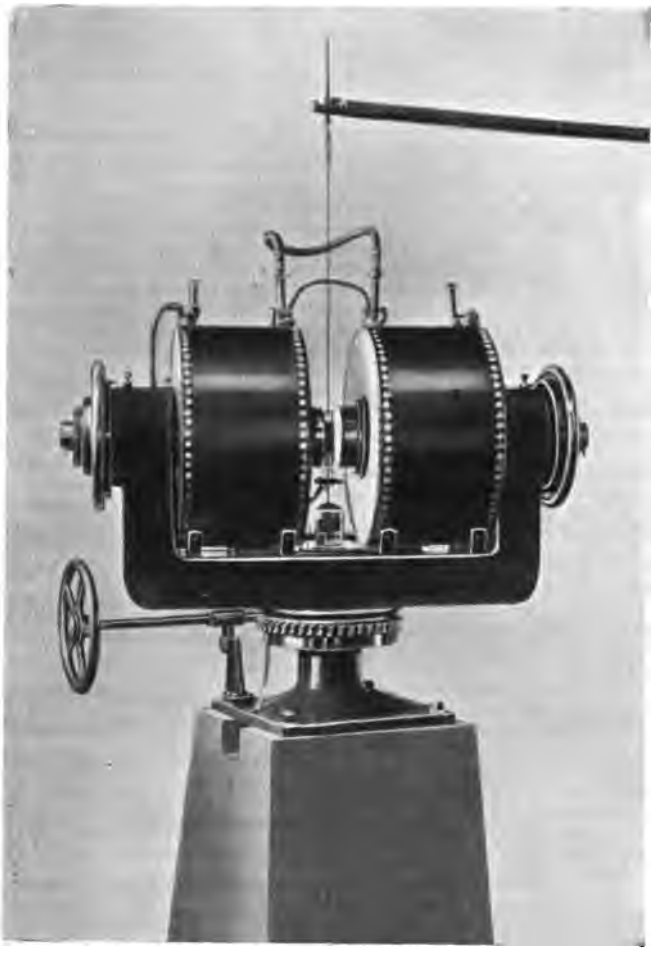


Fig. 3. — *Electro-aimant puissant du Laboratoire de Physique de l'Ecole Polytechnique de Zurich.*

Les expériences de Pierre Curie sur le fer donnent une courbe assez voisine, dans son allure générale, de la courbe théorique de la figure 2. On retrouve notamment la même décroissance d'allure parabolique dans le voisinage de θ. Mais la ressemblance s'arrête là : l'identification complète des deux courbes n'est pas possible. Le nickel, que j'ai examiné récemment, se comporte comme le fer. Pour l'un et l'autre, la décroissance de l'intensité d'aimantation est plus lente aux basses températures que ne le voudrait la théorie.

Par contre, pour la magnétite, l'accord entre la théorie et l'expérience a été remarquable. L'étude en a été faite entre — 79° et la température $\theta = 588°$ de disparition du ferromagnétisme, et les points ont été marqués dans la figure 2 à côté de la courbe théorique. Pour la pyrrhotine ou pyrite magnétique, le résultat a été analogue. Ces résultats frappants semblent affirmer dès maintenant la fécondité de la notion de champ moléculaire. Et l'on peut penser que c'est sans doute quelque particularité encore inconnue de la structure du fer et du nickel qui modifie le phénomène.

En se réservant de rechercher ultérieurement la cause des difficultés partielles qui persistent, on peut chercher à étendre les applications du champ moléculaire. Lorsque la température n'est que faiblement supérieure à θ, il s'en faut de peu que l'intensité d'aimantation ne s'établisse spontanément, et il suffit de fournir au champ moléculaire l'appoint d'un champ extérieur pour que cet effet se produise. La théorie montre que, dans cette région de ferromagnétisme sollicité, la région β de M. Osmond, la susceptibilité magnétique varie en raison inverse de l'excès de la température sur θ. Cela est manifeste dans la figure 4, qui représente schématiquement la marche de la susceptibilité du fer aux températures supérieures à θ. La même propriété peut s'exprimer en disant qu'aux températures supérieures à θ les

Digitized by Google

courbes représentant l'intensité d'aimantation dans un champ constant en fonction de la température sont des hyperboles équilatères, comme cela se voit nettement dans les courbes expérimentales de la

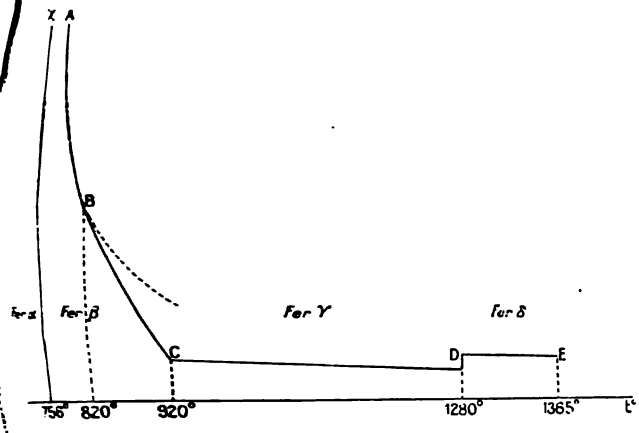


Fig. 4. — *Marche de la susceptibilité magnétique du fer aux températures supérieures à θ.*

figure 5, empruntées au Mémoire classique de Pierre Curie.

Continuons l'étude du fer aux températures de plus en plus élevées. A 820° (fig. 4), la susceptibilité du fer commence à diminuer plus vite que cette loi

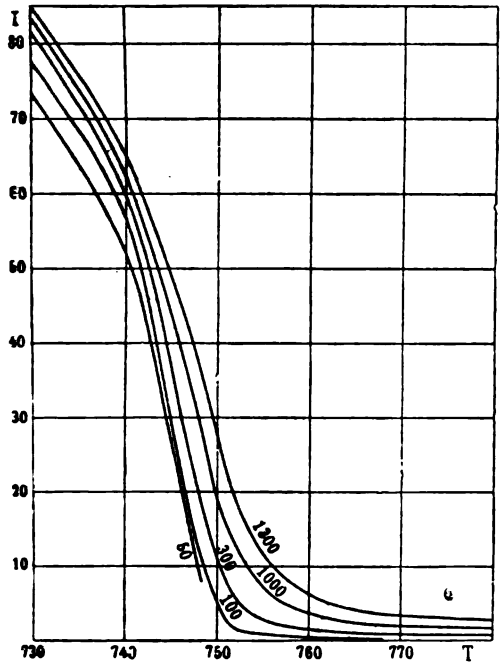


Fig. 5. — *Courbes de Pierre Curie représentant l'intensité d'aimantation dans un champ constant en fonction de la température.*

hyperbolique, et à partir de 920° elle varie en raison inverse de la température absolue. C'est là le caractère des corps paramagnétiques étudiés expérimentalement par Curie et retrouvé théoriquement par Langevin. A cette température, le fer est donc devenu purement paramagnétique : le champ moléculaire a cessé d'exister. C'est la région du fer γ. A 1280°, Curie a trouvé une nouvelle transformation du fer qui reste paramagnétique, mais dont la susceptibilité varie brusquement dans le rapport de 2 à 3.

On peut, à partir de l'intensité d'aimantation dans la région α, calculer les susceptibilités dans les régions β, γ et δ. Il ne reste d'indéterminé dans le résultat que le nombre d'atomes dans la molécule. La comparaison avec les expériences de Curie montre que le calcul s'accorde avec elles si, dans le fer α et le fer β, la molécule a la même structure déterminant la production du champ moléculaire et est composée de deux atomes. Dans le fer γ, la molécule se compose encore de deux atomes, mais sa structure exclut la production d'un champ moléculaire; enfin, dans le fer δ, la molécule se compose de trois atomes.

Il convient ici de rappeler que, dans ces calculs, la molécule s'introduit par sa force vive de rotation; elle signifie donc la quantité de matière qui possède la même force vive de rotation qu'une molécule d'oxygène, par exemple, à la même température.

II

On pourrait s'attendre à ce que l'aimantation des cristaux obéît à des lois plus compliquées que celle des métaux usuels d'apparence isotrope. En réalité, l'étude expérimentale de la pyrrhotine a révélé des relations remarquablement simples entre les diverses composantes de l'aimantation et celles du champ. Il y a, dans chaque cristal simple, trois directions rectangulaires pour lesquelles l'aimantation coïncide en direction avec le champ extérieur. Pour l'une d'entre elles, celle de facile aimantation, l'aimantation prend, dès les valeurs les plus faibles du champ, une intensité égale à l'aimantation à saturation, dirigée dans un sens ou dans le sens contraire. Et ce ne sont que des résistances passives, analogues à des frottements sur lesquels nous n'insisterons pas ici, qui s'opposent au renversement du sens de cette aimantation. Dans une direction de difficile aimantation perpendiculaire à celle-ci, l'aimantation est proportionnelle au champ jusqu'à ce qu'elle ait atteint, pour un champ de 7.300 gauss, le même maximum; il en est de même dans la troisième direction perpendiculaire aux deux premières, avec cette différence que la saturation ne serait produite que pour un champ de 200.000 gauss, qui dépasse de beaucoup ceux que nos moyens actuels permettent d'atteindre. L'aimantation reste donc, avec une assez grande approximation, localisée dans le plan des perpendiculaires à cette direction, plan que l'on peut, pour cette raison, appeler plan magnétique.

Digitized by Google

Lorsque le champ est oblique par rapport à ces axes, l'aimantation ne coïncide plus avec le champ; mais, tout en conservant une valeur constante égale à l'aimantation à saturation, elle prend une direction plus rapprochée de celle de facile aimantation. Cette direction est donnée par des lois géométriques très simples, qui ont été déduites de l'expérience.

On retrouve exactement ces mêmes lois en construisant de toutes pièces une substance anisotrope, de symétrie orthorhombique, pour laquelle le coefficient de proportionnalité, qui relie le champ moléculaire à l'intensité d'aimantation, a des valeurs quelque peu différentes suivant les trois axes. L'hypothèse du champ moléculaire s'adapte donc aisément aux propriétés si caractéristiques de la pyrrhotine. Rien de ce qui est connu jusqu'à présent des propriétés de la magnétite ne s'oppose à une interprétation analogue.

Il est maintenant indiqué de rechercher si les propriétés, connues depuis longtemps, des fers et des aciers peuvent se reconstituer à partir des propriétés magnétiques des cristaux, orientés en tous sens, qui les composent. On sait, par les belles recherches de MM. Osmond et Cartaud, que le fer cristallise dans le système cubique. Si l'on admet que la symétrie du cristal de fer est en réalité orthorhombique, avec des propriétés extrêmement peu différentes suivant les trois axes, on pourra lui attribuer des propriétés analogues à celles du cristal de pyrrhotine. Ce n'est plus alors qu'une question de calcul que de tenter l'identification des propriétés d'une matière composée de toute pièce au moyen de ces cristaux élémentaires dirigés en tous sens avec les propriétés expérimentales du fer. La figure 6 représente les cycles d'hystérèse de synthèse ainsi obtenus et ceux qu'Ewing a autrefois publiés dans son Mémoire classique. Il y a entre eux une ressemblance frappante et aussi quelques divergences qui s'expliquent aisément et sur lesquelles je n'insisterai pas ici. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce qui empêche, pour le moment, de pousser à fond le contrôle de la théorie, c'est moins la difficulté des calculs que l'insuffisance des données expérimentales. Tant il est vrai qu'un changement de point de vue révèle les choses sous de nouveaux aspects.

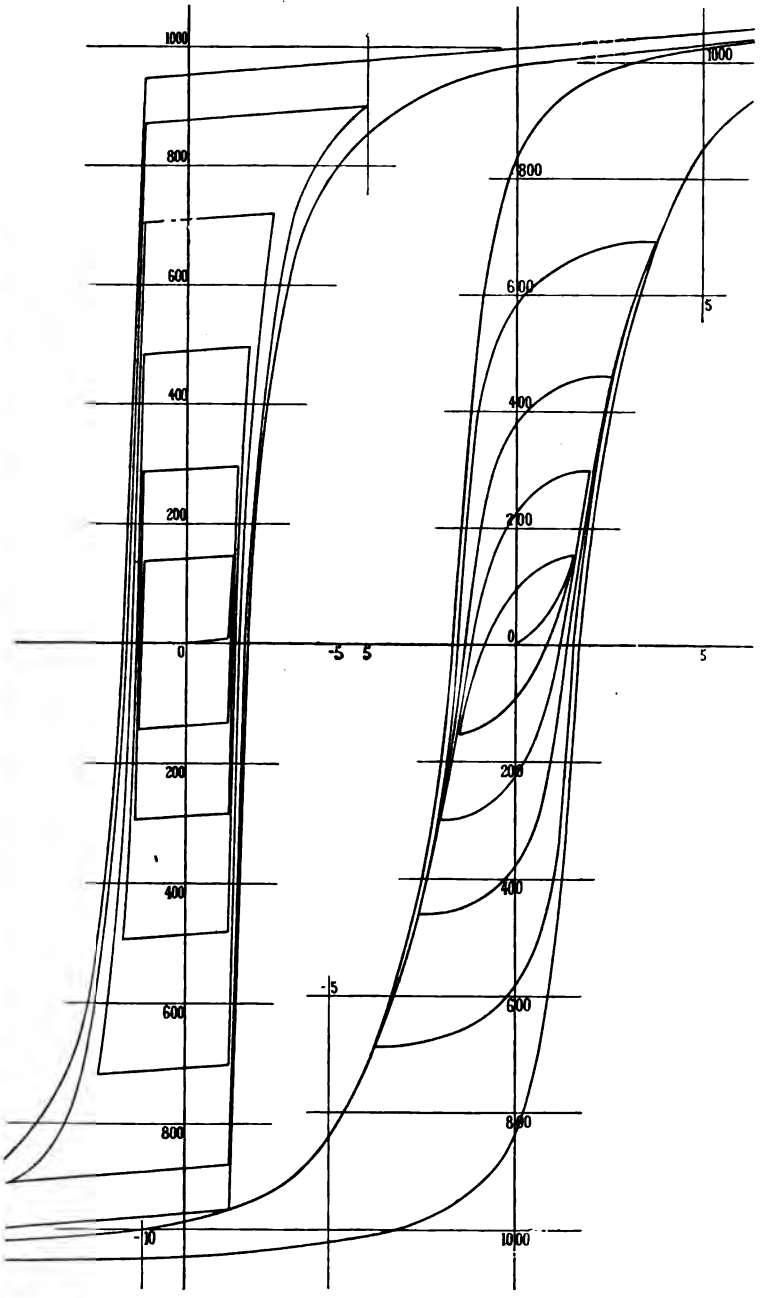


Fig. 6. — *Comparaison des cycles d'hystérèse du fer obtenus synthétiquement avec les cycles obtenus expérimentalement par Ewing.*

Les expériences de Curie sur le fer, les expériences nouvelles que j'ai faites sur le nickel et la magnétite, donnent le moyen de calculer la grandeur du champ moléculaire. On trouve, pour le fer

Digitized by Google

et pour le nickel, environ 7 millions de gauss; pour la magnétite, 14 millions de gauss. L'énormité de ces champs peut les faire paraître invraisemblables. Les pressions internes des liquides sont considérables, de l'ordre de grandeur de 10.000 atmosphères, mais elles restent dans les limites de celles que nous avons pu produire. Mais, depuis que nous savons que, dans l'espace restreint d'un tube de Crookes, de la matière se meut avec des vitesses comparables à celle de la lumière, l'argument de l'invraisemblance des choses disproportionnées a beaucoup perdu de sa valeur. Il est néanmoins bien remarquable que l'existence de ces champs moléculaires énormes ait reçu récemment, de par des faits de nature toute différente, une confirmation aussi nette qu'imprévue.

On sait, depuis les belles expériences de M. Pionchon, que les chaleurs spécifiques des métaux magnétiques présentent des anomalies. Elles sont plus élevées et plus rapidement croissantes que celles des substances non magnétiques dont les masses atomiques sont voisines et reprennent des valeurs qui n'ont rien d'anormal aux températures où le magnétisme a disparu. Ordinairement, on exprime ce fait en disant que la transformation magnétique absorbe une certaine chaleur latente, et l'on apporte aussitôt un correctif à cet énoncé en ajoutant que cette absorption de chaleur s'étend à un grand intervalle de température, la transformation étant progressive.

L'énergie mutuelle d'un système d'aimants est nulle lorsque ces aimants sont orientés en tous sens, et négative lorsqu'ils sont alignés parallèlement. Il faut donc fournir de l'énergie pour la désaimantation. Il en résulte, puisque l'aimantation décroît d'une manière continue depuis le zéro absolu jusqu'à la température θ où elle s'annule, qu'il faut, pour la chaleur spécifique, ajouter un terme magnétique à ce qu'elle serait si le corps n'était pas magnétique. Ce terme tombe brusquement à zéro à la température θ. Dans la figure 7, la ligne brisée supérieure représente, de part et d'autre de la température θ, la chaleur spécifique moyenne du nickel pour de petits intervalles de température, la courbe représente les chaleurs spécifiques vraies. La ligne brisée inférieure représente le terme additionnel de la chaleur spécifique déterminé magnétiquement. On peut donc emprunter la valeur de θ et celle de la discontinuité Δc des chaleurs spécifiques, d'une part aux mesures magnétiques, et de l'autre aux mesures calorimétriques. J'ai eu recours, pour cette dernière partie, aux déterminations de M. Pionchon sur le fer et aux nouvelles mesures que M. Paul N. Beck a faites à ma demande sur le fer, le nickel et la magnétite. Voici les résultats obtenus magnétiquement :

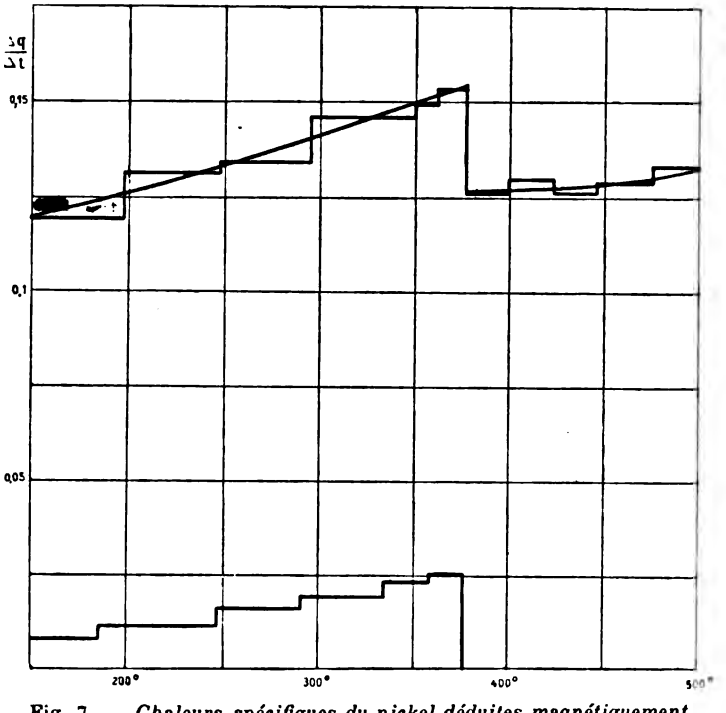


Fig. 7. — *Chaleurs spécifiques du nickel déduites magnétiquement et calorimétriquement.*

Fer.
$\theta = 753°$
$\Delta c = 0,136$

Nickel.
$\theta = 376°$
$\Delta c = 0,025$

Magnétite.
$\theta = 588°$
$\Delta c = 0,048$

calorimétriquement :

Fer.
$\theta = 758°$
$\Delta c = 0,112$

Nickel.
$\theta = 376°$
$\Delta c = 0,027$

Magnétite.
$\theta = 580°$
$\Delta c = 0,050$

La concordance de ces nombres est aussi bonne que la difficulté des mesures permettait de l'espérer. Cette comparaison des résultats calorimétriques et magnétiques donne donc à la fois la clef de l'énigme des anomalies des chaleurs spécifiques des corps ferro-magnétiques et l'un des appuis les plus solides à la théorie du champ moléculaire.

De ce qu'un dégagement de chaleur considérable apparaît ainsi lié à la production de la propriété ferromagnétique, on peut conclure qu'un champ magnétique extérieur n'a pas pour effet de produire l'intensité d'aimantation, mais seulement de la coordonner. Autrement son action serait, pour le fer, accompagnée d'une élévation de température de plusieurs centaines de degrés. C'est donc une preuve indirecte de l'aimantation spontanée dans un champ nul.

Digitized by Google

Il est probable que la portée de l'hypothèse du champ moléculaire est destinée à s'étendre encore à d'autres branches de la science. Les faits si nombreux de la magnéto-striction, les phénomènes réciproques de l'influence des déformations mécaniques sur l'aimantation ont, sans doute, pour mécanisme des altérations du champ moléculaire. On trouvera dans l'emploi de cette notion le moyen de les coordonner méthodiquement, moyen qui a manqué jusqu'à présent.

Si, pour le magnétisme des matières compactes, on peut s'exprimer en ne considérant que les molécules pour lesquelles la sphère d'action moléculaire est complète, il est clair que, pour les métaux en lames minces, on devra, en tenant compte surtout, à cause de leur importance relative, des molécules à sphère d'action incomplète, faire une théorie capillaire des phénomènes magnétiques qui leur sont particuliers. Les intéressantes expériences de M. Maurain sur l'aimantation des métaux électrolytiques en couches minces fournissent les premiers faits que cette extension de la théorie devra expliquer.

Pierre Weiss,
Professeur à l'École Polytechnique fédérale de Zurich.

REVUE ANNUELLE DE PHYSIOLOGIE

DEUXIÈME PARTIE : PHYSIOLOGIE SPÉCIALE

Dans un précédent article[1], nous avons exposé les questions d'intérêt général; nous allons maintenant signaler les principaux Mémoires relatifs aux différents chapitres de la Physiologie.

I. — Sang, Circulation et Respiration.

§ 1. — Origine du fibrinogène.

D'après Doyon[2], on ne peut localiser dans la paroi intestinale, comme l'affirme Mattews, la formation du fibrinogène du sang. L'extirpation totale de l'intestin chez le chien ne diminue pas la proportion de fibrine du sang : la même opération n'empêche pas non plus la réapparition de la coagulation du sang après défibrination totale (suivant le procédé de Magendie et de Dastre). La fibrine se reforme donc, malgré l'extirpation de l'intestin.

§ 2. — Absence de synchronisme de la pulsation des deux oreillettes chez les Mammifères.

« La pulsation du cœur débute simultanément dans les veines caves et les veines pulmonaires, chez les Mammifères, pour envahir rapidement les deux oreillettes, dont la pulsation est rigoureusement synchrone. » Cette affirmation du synchronisme de la pulsation des deux oreillettes est classique et se trouve reproduite dans tous les traités de Physiologie. Déjà Arloing, Chauveau et d'autres avaient cité des cas où la pulsation de l'oreillette droite est en avance sur celle de l'oreillette gauche. Le fait a été mis hors de doute pour la pulsation du cœur du chien par Schmidt Nielsen[3].

Dans les pulsations spontanées, la pulsation débute toujours par l'oreillette droite, d'où elle se transmet à l'oreillette gauche à la façon d'une onde, avec un retard d'un ou de plusieurs centièmes de seconde. Il en est de même des pulsations supplémentaires ou extra-systoles, provoquées par excitation électrique directe de la paroi de l'oreillette droite.

Mais si l'extra-systole est obtenue par excitation électrique directe de l'oreillette gauche, il y aura une inversion de la direction suivant laquelle l'onde de contraction se propage. L'oreillette gauche excitée se contracte la première, et la contraction se propage ensuite de l'endroit excité au reste de l'oreillette gauche et à l'oreillette droite.

La pulsation des oreillettes n'est donc pas une contraction simultanée de toutes les fibres musculaires des parois de ces deux cavités. Il faut l'assimiler à une contraction qui naît localement, ordinairement entre les points d'abouchement des deux veines caves : de là, la contraction s'irradie sur toute la surface des oreillettes.

§ 3. — Absence de synchronisme de la pulsation des deux ventricules.

Comme l'avaient déjà indiqué Waller (1888), Bayliss et Starling (1892), Schlüter (1902), et comme l'ont vérifié récemment Stassen[4] et Fauconnier[5], la systole des ventricules du cœur du chien n'est pas plus simultanée dans toutes leurs parties que celle des oreillettes. Elle représente une onde de contraction qui, dans les conditions ordinaires, débute dans la cloison inter-ventriculaire (point d'abouchement du faisceau de His), pour se propager de

[1] Voir la *Revue gén. des Sciences* du 30 janvier 1908, t. XIX, p. 66 et suiv.
[2] *C. R. Congrès*, p. 72.
[3] *Arch. intern. Physiol.*, 1907, t. IV, p. 417.
[4] *Arch. intern. Physiol.*, 1907, t. V, p. 60.
[5] *Arch. intern. Physiol.*, 1907, t. V, p. 122.

Digitized by Google

proche en proche, d'une façon diffuse, par continuité de substance, dans toute la masse des ventricules, sans être astreinte à suivre des voies déterminées.

La simultanéité apparente de la contraction des deux oreillettes, ainsi que celle des ventricules, n'est qu'une simple illusion, provenant de la grande rapidité avec laquelle l'onde de contraction se propage. J'avais déjà laissé entrevoir le fait dans ma revue de l'an dernier. Les travaux que je viens de citer en donnent une démonstration probante.

§ 4. — Température du cœur et formule d'Arrhenius.

Snyder[1] a étudié l'influence de la température sur le rythme cardiaque de plusieurs animaux inférieurs. L'accélération des pulsations due à une augmentation de la température du cœur obéit à la loi mathématique établie par Arrhenius pour l'influence de la chaleur sur les réactions chimiques, et est conforme à la formule d'Arrhenius.

L'auteur en conclut que des réactions chimiques jouent un rôle indispensable dans la production de l'excitation et de la contraction du cœur.

Aristide Kanitz est arrivé au même résultat en ce qui concerne le cœur des Mammifères[2] et plusieurs autres phénomènes physiologiques[3].

T. B. Robertson[4] a répété les mêmes études sur le cœur d'un crustacé (*Ceriodaphnia*) et conclut également à la nature chimique du processus physiologique qui règle la fréquence en fonction de la température.

§ 5. — Le faisceau de His et la maladie d'Adams-Stokes.

J'ai appelé l'attention, dans mes revues de 1905 et 1906, sur les travaux assez nombreux qui ont été publiés dans ces derniers temps sur le faisceau de His. On se rappellera que le faisceau de His est un pont musculaire long et fort grêle, situé, chez les Mammifères, dans la cloison qui sépare le cœur droit du cœur gauche. Ce pont établit la seule communication anatomique entre la musculature des oreillettes, d'une part, et celle des ventricules, de l'autre. Le faisceau de His constitue également le lien physiologique qui assure la communauté de rythme ou plutôt la succession du rythme des pulsations auriculaires et ventriculaires. Il résulte des expériences de His Jr., Humblet, Fredericq, Erlanger, Hirschfelder, Hering (contredites par Kronecker et ses élèves) que la section du faisceau de His, opération insignifiante au point de vue du délabrement anatomique, a pour effet d'abolir définitivement cette communauté de rythme. Dans ce cas, les oreillettes continuent à présenter des pulsations relativement fréquentes, tandis que les ventricules battent beaucoup plus lentement et d'une façon indépendante : il y a *allorythmie* complète.

Or, l'allorythmie auriculo-ventriculaire constitue un des symptômes les plus marquants de l'état pathologique connu sous le nom de *maladie d'Adams-Stokes*. Chez ces malades, les oreillettes battent avec leur fréquence normale, comme on peut le constater si l'on recueille le tracé du pouls de la jugulaire. Le soulèvement de la jugulaire externe nous fournit, comme on le sait, chez les patients humains, le meilleur signe objectif de la systole auriculaire.

La pulsation ventriculaire, étudiée sur le tracé du choc du cœur, ou mieux sur le sphygmogramme, du pouls radial, présente, au contraire, un rythme remarquablement lent et tout à fait indépendant du pouls de la jugulaire. Les malades atteints de cette affection assez rare fournissent donc des tracés sur lesquels les ondulations relativement fréquentes du pouls jugulaire (systole auriculaire) sont indépendantes des pulsations beaucoup plus espacées du pouls radial (systoles ventriculaires).

Il était tout naturel de rapprocher cette allorythmie pathologique (de la maladie d'Adams-Stokes) de l'allorythmie expérimentale, réalisée par la section du faisceau de His chez le chien ou le lapin. Les prévisions théoriques ont été ici pleinement confirmées par les résultats d'autopsie des malades atteints de maladie d'Adams-Stokes. Wenckebach, Mackenzie, Hering et d'autres ont eu l'occasion d'étudier sous ce rapport la maladie d'Adams-Stokes. Dans les quelques cas où l'autopsie a pu être pratiquée, on a constaté l'altération ou la destruction de la cloison cardiaque qui contient le faisceau de His. Ici aussi, l'allorythmie a donc pu être rapportée à une interruption de la conductivité physiologique du faisceau de His.

L'accord est, d'ailleurs, bien près de se faire entre physiologistes sur ce point controversé des fonctions du faisceau de His. Au Congrès de Heidelberg, un élève de Kronecker, M. Paukul, de Dorpat, a relaté les résultats d'expériences d'allorythmie obtenue par section du faisceau de His. Mais, suivant Paukul[1], le faisceau de His comporte des éléments musculaires et des éléments nerveux. Il a réussi l'opération délicate consistant à sectionner isolément les éléments musculaires du faisceau de His. Seule, la section des éléments nerveux fut, dans les expériences de Paukul, suivie d'allorythmie.

Au contraire, la suppression isolée de la conti-

[1] *Amer. J. of Physiol.*, t. XVII, p. 350.
[2] *Arch. Pflüger*, t. CXVIII, p. 601.
[3] *Biol. Zentr.*, t. XXVII, p. 14.
[4] *Biolog. Bull. Mar. Lab.*, *Woods Holl*, *Mass.*, t. X, p. 242.

[1] *C. R. Congrès*, p. 78.

Digitized by Google

nuité des fibres musculaires du faisceau de His ne produisit pas l'allorythmie. Il faut admirer sans réserve une pareille virtuosité expérimentale.

§ 6. — Le Télécardiogramme.

Einthoven[1] a enrichi, comme on sait, la technique de l'Électro-physiologie d'un auxiliaire précieux : le *galvanomètre à corde*. Dans cet instrument, le courant électrique dont il s'agit d'étudier les variations parcourt un mince fil de quartz argenté, tendu entre les pôles d'un puissant électro-aimant. Les déviations du fil de quartz, produites sous l'influence du passage du courant, sont enregistrées photographiquement. A cet effet, l'ombre du fil fortement éclairé est projetée à angle droit sur la fente d'une chambre obscure, contenant un enregistreur, avec plaque ou papier photographique. Einthoven a montré que les déviations du fil argenté sont instantanées et apériodiques, et que l'appareil fournit des tracés encore plus fidèles que les tracés photographiques enregistrés au moyen de l'électromètre de Lippmann.

Einthoven et ses élèves ont déjà appliqué le galvanomètre à corde à l'étude de plusieurs problèmes d'Électrophysiologie, et notamment à celle des variations électriques du cœur, tant chez l'homme sain que chez le malade. L'une des applications les plus élégantes de la méthode a consisté à enregistrer, au Laboratoire de Physiologie de Leyde, l'électrocardiogramme de malades résidant à l'hôpital clinique, situé à 1.500 mètres de distance. Deux fils conducteurs établissaient la communication entre le malade d'hôpital et le galvanomètre du laboratoire. Einthoven a donné le nom de *télécardiogrammes* aux tracés obtenus ainsi à distance. Il a recueilli le télécardiogramme chez un grand nombre de patients atteints de troubles cardiaques, et a montré les renseignements précieux que la clinique peut tirer de cette étude.

La variation électrique de la systole auriculaire se montre tout comme celle de la systole ventriculaire sur l'électrocardiogramme. Ce mode d'enregistrement peut donc servir à étudier les altérations du rythme connues sous le nom d'allorythmie, tant chez les malades atteints de maladie d'Adams-Stokes que chez les animaux présentant une allorythmie expérimentale. Einthoven a publié comme exemple le télécardiogramme d'une femme atteinte de bradycardie. Les pulsations ventriculaires ne dépassaient pas le nombre de 29 à la minute (à en juger d'après le choc du cœur ou le pouls radial), tandis que les oreillettes présentaient une fréquence normale, soit environ 75 battements par minute (75 pulsations de la jugulaire). Sur le télécardiogramme, on voit parfaitement les excursions étendues et assez espacées, correspondant aux systoles ventriculaires, et les excursions plus faibles et beaucoup plus rapprochées représentant les systoles auriculaires plus fréquentes. Il y a indépendance complète des deux rythmes.

Voilà donc un moyen facile et élégant d'étudier comparativement le fonctionnement des oreillettes et celui des ventricules, quand on possède un galvanomètre à corde. Malheureusement l'installation en est fort coûteuse et fort compliquée.

Jusqu'à présent, on avait étudié l'allorythmie chez les malades en essayant de comparer le tracé du pouls radial ou du choc du cœur (indice de la systole ventriculaire) avec celui de la jugulaire (indice de la systole auriculaire). Or, s'il est, en général, assez facile d'obtenir un tracé satisfaisant du pouls artériel ou du choc du cœur, il peut en être tout autrement du pouls veineux. Le pouls de la jugulaire est le plus souvent à peine perceptible au niveau du cou, et l'inscription de la pulsation auriculaire au moyen d'une sonde œsophagienne, préconisée autrefois par l'auteur de ces lignes et remise récemment en honneur par Minkowski[1], n'est pas non plus d'une application facile. Il en résulte que l'étude graphique des cas d'allorythmie cardiaque soumet parfois à une rude épreuve la patience des cliniciens.

Einthoven[2] a utilisé également le galvanomètre à corde pour enregistrer les bruits du cœur de l'homme. Le stéthoscope communique par un tube en caoutchouc avec un microphone, soustrait à toute trépidation. Dans le circuit du microphone se trouve intercalée une pile et un transformateur. Les courants induits du transformateur traversent le fil du galvanomètre. On enregistre photographiquement les mouvements de ce fil.

La clinique a déjà tiré grand parti des perfectionnements apportés par Einthoven à l'étude de l'électrocardiogramme. Deux cliniciens de Berlin ont constaté que le tracé n'est pas le même chez le chien pour les extrasystoles provoquées par excitation du ventricule droit ou du ventricule gauche, et ont appliqué ces données à l'étude des extrasystoles arythmiqnes chez l'homme. Ils ont donné par la même méthode la preuve de l'existence de la vraie *hémisystolie*, si souvent affirmée et niée par les cliniciens.

§ 7. — Mesure du débit sanguin du cœur.

Rothberger[3] a cherché à déterminer le débit du cœur chez les Mammifères, en mettant cet organe à nu et en enregistrant, au moyen du pléthysmo-

[1] *Arch. intern. Physiol.*, 1906, t. IV, p. 132.

[1] *Deuts. med. Wochenschrift*, 1906, n° 31.
[2] *Arch. Pflüger*, 1907, t. CXVII, p. 461.
[3] *C. R. Congrès*, p. 78.

Digitized by Google

graphe, les variations de volume des ventricules, suivant qu'ils sont en systole ou en relâchement. Le maximum de la différence correspond au volume de l'ondée des deux ventricules. Les valeurs de débit trouvées ainsi correspondent sensiblement à celles qu'a fournies directement le compteur de Hürthle appliqué sur l'aorte, dans les expériences de Tigerstedt par exemple.

Si l'on connaît le débit du cœur et la pression aortique, on peut calculer le travail du cœur. Le travail du ventricule gauche sera représenté par le produit de l'ondée ventriculaire par la pression aortique.

Tigerstedt[1] a repris ses anciennes expériences de mesures directes du débit du ventricule gauche au moyen d'un compteur intercalé sur le trajet de l'aorte. Le grand écueil dans ces expériences, c'est la coagulation du sang. Jusque dans ces dernières années, on employait en général l'injection intraveineuse de peptone de Witte, comme moyen de supprimer la coagulation du sang. Malheureusement, l'injection de peptone modifie notablement les conditions de la circulation : elle provoque, comme on sait, une dilatation générale des petites artères et une chute énorme de la pression artérielle. L'injection d'hirudine (substance active de l'extrait de sangsue), employée par Tigerstedt, ne présente pas ces inconvénients : la coagulabilité du sang est suspendue, sans que la circulation en souffre.

Tigerstedt a constaté que l'irrigation sanguine varie dans des limites extrêmement étendues : de 11 à 149 centimètres cubes par minute et par kilog d'animal. Le maximum correspond à une valeur moyenne des résistances (c'est-à-dire de la pression sanguine).

Lohmann[2] a décrit un autre procédé pour mesurer le débit de l'aorte chez le chat.

§ 8. — Mesure de l'irrigation sanguine des organes.

Brodie[3] a pareillement appliqué les procédés volumétriques à l'étude du débit sanguin de certains organes qu'on peut introduire dans un oncographe ou un pléthysmographe, et pour lesquels la totalité du sang veineux passe par une seule veine. Il a pu expérimenter sur le rein, l'intestin grêle, le poumon, le membre postérieur.

Le principe de la méthode consiste à enregistrer et à mesurer l'augmentation de volume de l'organe vivant qui suit une occlusion de la veine de très courte durée (de manière à ne pas altérer les conditions mécaniques de la circulation).

L'augmentation de volume correspond au volume du sang qui est entré dans l'organe pendant le même temps et mesure donc le débit sanguin.

[1] *Skand. A. f. Physiol.*, t. XIX, p. 1.
[2] *Arch. Pflüger*, t. CXVIII, p. 260.
[3] *C. R. Congrès*, p. 75.

§ 9. — Survie des parois artérielles.

Mac William et Mackie[1] ont constaté la longue durée de la survie de la couche des muscles lisses des artères humaines.

Des fragments d'artères enlevées sur des cadavres, ou provenant de membres amputés, conservent leur contractilité pendant un grand nombre d'heures. Ils se contractent encore après vingt-quatre à quarante-huit heures sous l'influence d'excitations mécaniques. Les excitants chimiques agissent encore parfois après trois jours.

§ 10. — Transplantation des parois artérielles.

Carrel[2] a pu transplanter, du chien au chat vivants, des fragments d'aorte abdominale. Cette hétérotransplantation, fort délicate à réaliser, a parfaitement réussi.

O.-B. Meyer[3] est arrivé à des résultats analogues. Des lambeaux d'artères de bœuf conservées dans la solution de Ringer peuvent continuer à vivre pendant plusieurs jours. Dans une des expériences, l'excitabilité électrique se montra encore au bout de treize jours!

Franz Müller[4] a étudié également les propriétés contractiles de bandelettes découpées dans les parois artérielles et plongées dans du sang ou du liquide de Ringer artérialisé. La courbe de contraction présente une ascension brusque, suivie d'une ligne de descente graduelle.

§ 11. — Réaction locale des artérioles aux variations de la pression générale.

On sait que beaucoup de muscles lisses présentent une contraction active quand on les soumet à une extension brusque. Le fait a été vérifié par Straub pour les muscles du corps du ver de terre et par Wurkler pour ceux de l'estomac de la grenouille.

Bayliss[5] a constaté que la couche musculaire des artérioles présente la même propriété chez les animaux à sang chaud. Ici aussi, les fibres musculaires lisses répondent à la distension (par augmentation de pression sanguine) par une contraction active, qui a pour effet de resserrer le vaisseau.

Voici comment Bayliss a démontré ce phénomène : Il extirpe sur un chat, des deux côtés, la chaîne sympathique abdominale, de manière à supprimer l'action vaso-motrice dans les membres.

[1] *J. of. Physiol.*, 1906.
[2] *C. R. Soc. Biol.*, 1er février 1907, et *J. ex. Med.*, IX, 226.
[3] *Z. f. Biol.*, t. XXX, p. 352.
[4] *Arch. f. Physiol.*, 1906, Suppl., p. 411.
[5] *C. R. Congrès*, p. 73.

Digitized by Google

postérieurs. Il enregistre les variations de volume d'une patte au moyen du pléthysmographe, puis produit une hausse générale de la pression par l'un des procédés usuels. On constate d'abord une distension passive des vaisseaux de la patte, se traduisant par une augmentation de volume que le pléthysmographe enregistre. Mais, aussitôt après, on note une diminution notable de volume, indiquant un resserrement des vaisseaux.

Le tonus normal des artérioles est en partie dû à cette réaction de la paroi musculaire des vaisseaux vis-à-vis de la pression sanguine. Les artérioles ont une tendance à se resserrer sous l'influence d'une augmentation de pression générale, à se dilater chaque fois que la pression générale baisse, comme Bayliss l'a montré expérimentalement.

Sans aucun doute, ces réactions jouent un rôle important dans la régulation de l'afflux sanguin vers les divers organes et spécialement vers le cerveau. Mais il est nécessaire que cette réaction puisse être contrebalancée, corrigée par l'action du système nerveux; sans cela, on tomberait dans un cercle vicieux.

§ 12. — Antagonisme vaso-moteur.

On sait que la dilatation des artères d'un territoire vasculaire est généralement accompagnée d'un resserrement compensateur des vaisseaux d'un autre territoire. On connaît un bon nombre d'exemples de cet antagonisme ou balancement entre la circulation des différents organes du corps.

En voici un nouvel exemple, décrit par E. Weber, de Berlin[1]: Si l'on excite par l'électricité, chez le chien, l'écorce motrice cérébrale, dans la région qui correspond aux extrémités, on observe une hausse générale de la pression sanguine, due à un resserrement des vaisseaux des organes abdominaux. Mais, en même temps, les vaisseaux des extrémités se dilatent, comme le montre l'ascension de la courbe de volume, enregistrée au pléthysmographe. Cette dilatation des artérioles des membres y accélère le cours du sang et favorise le travail des muscles.

En même temps, les vaisseaux du cerveau se dilatent, mais ceux de la peau de la tête et de l'oreille se resserrent. L'oreille montre au pléthysmographe une diminution de volume. Le resserrement des vaisseaux cutanés de la tête contraste avec la dilatation des vaisseaux cutanés des extrémités.

Les mêmes phénomènes: hausse de pression artérielle générale mesurée au sphygmomanomètre, augmentation de volume des extrémités, diminution de volume des organes abdominaux, etc., peuvent s'observer chez l'homme qui exécute des mouvements musculaires volontaires énergiques, localisés dans les extrémités. Fait curieux, l'exécution effective des mouvements n'est pas ici indispensable pour la production des effets vaso-moteurs : il suffit de la représentation mentale d'un mouvement énergique.

E. Weber[1] est d'ailleurs partisan de l'existence de vaso-moteurs cérébraux. On sait que cette existence a été mise en doute de différents côtés dans les dernières années.

§ 13. — Respiration artificielle.

Plusieurs appareils et procédés pour la respiration artificielle ont été démontrés à Heidelberg[2].

Signalons, parmi eux, un nouveau procédé pour pratiquer la respiration artificielle chez l'homme, dans les cas d'asphyxie, par exemple. Ce procédé simple, qui surpasserait tous les autres en efficacité, a été présenté par le Professeur Schäfer, d'Edimbourg.

Voici comment il s'agit d'opérer: Le patient (un noyé par exemple) qu'il s'agit de rappeler à la vie est placé à terre sur le ventre, la tête légèrement inclinée de côté. L'opérateur se place à genoux de côté ou en travers des fesses du patient. Il place ses mains à plat sur le dos au niveau des dernières côtes et appuie de tout le poids de son corps, fortement et graduellement, de manière à faire sortir le contenu gazeux des poumons. En diminuant la pression, ce que l'opérateur réalise en soulevant son corps lentement, sans enlever ses mains, la poitrine du patient reprend ses dimensions premières et de l'air frais pénètre dans les poumons. Ces mouvements de pression et de relâchement sont répétés toutes les cinq secondes environ (12 fois à la minute). Le volume de chacun de ces mouvements respiratoires dépasse 500 centimètres cubes et peut atteindre 1.000 centimètres cubes.

Ce procédé ne fatigue pas l'opérateur et ne cause aucun préjudice aux organes du patient. Les résultats sont merveilleux.

§ 14. — Respiration élémentaire.

Battelli[3], Mlle Stern[4], G. T. Kemp[5] ont étudié la respiration élémentaire des tissus et organes extraits du corps et isolés.

Les extraits musculaires contiennent des substances de nature inconnue (insolubles dans l'alcool, résistant à l'ébullition, etc.) qui activent la respira-

[1] *C. R. Congrès*, p. 81.

[1] *C. R. Congrès*, p. 82.
[2] *C. R. Congrès*, p. 82-83.
[3] *C. R. Congrès*, p. 84.
[4] *C. R. Congrès*, p. 85.
[5] *C. R. Congrès*, p. 85.

Digitized by Google

tion élémentaire des tissus. Les extraits de rate, de testicule, de ganglions lymphatiques exercent, au contraire, une action d'inhibition sur les phénomènes d'oxydation respiratoire des tissus. Les substances inhibantes des extraits de tissus sont détruites par la chaleur et précipitées par les acides.

§ 15. — Analyse des gaz.

Brodie et Cullis[1] ont fait, devant le Congrès, la démonstration d'un appareil servant à l'analyse des gaz contenus dans de petites quantités de solution saline.

Auguste Krogh[2] a montré que l'on peut, en quelques minutes, réaliser l'équilibre de tension gazeuse entre une atmosphère limitée et un liquide, du sang par exemple, dans lequel on veut déterminer la tension de CO^2, O^2, Az. La condition essentielle, c'est de réduire la masse gazeuse à un très petit volume. L'auteur, dans ses expériences, faisait usage d'une bulle gazeuse n'ayant que 3 à 6 millimètres cubes de volume. Cette bulle était suspendue dans le liquide (sang) dont on voulait faire la détermination tonométrique. 10 à 20 centimètres cubes de sang suffisent. L'équilibre de tension gazeuse est atteint en cinq à dix minutes. La bulle gazeuse est ensuite analysée en moins de cinq minutes dans le micro-tonomètre.

Les résultats sont très exacts. La composition centésimale de l'atmosphère analysée indique, en centièmes d'atmosphère, la tension de chacun des gaz contenus dans le liquide examiné.

On doit également au même physiologiste un grand travail sur l'intervention de l'azote dans les phénomènes chimiques de la respiration, question restée controversée depuis les célèbres expériences de Regnault et Reiset.

Krogh a démontré, par de nombreuses expériences, qu'il n'y a pas excrétion d'azote dans la respiration. Ce résultat est d'accord avec tout ce que nous savons sur les bilans d'azote de l'organisme animal; mais il n'était pas inutile d'établir le fait par des expériences tout à fait probantes. La question avait été mise au concours par l'Académie des Sciences de Vienne. Le prix (prix Seegen) a été décerné à Krogh.

C. Oppenheimer[3] a étudié la même question au moyen d'une technique perfectionnée. Il est arrivé également à la conclusion que l'on n'a pas à tenir compte d'une excrétion ou d'une absorption d'azote dans l'analyse des gaz de la respiration pulmonaire.

[1] *C. R. Congrès*, p. 82.
[2] *C. R. Congrès*, p. 83.
[3] *Biochem. Zeits.*, t. IV, p. 328.

§ 16. — Automatisme respiratoire chez les Poissons.

Bethe et d'autres avaient soutenu que, chez les Poissons, les mouvements respiratoires sont d'origine réflexe et non automatique, comme chez les Mammifères et les Oiseaux. Le point de départ du réflexe devrait être cherché dans le contact de l'eau avec les terminaisons sensibles de la branchie. Bethe avait vu, en effet, chez les Sélaciens, les mouvements respiratoires s'arrêter quand il anesthésiait la muqueuse de la bouche et des branchies par la cocaïne.

Westerlund[1] constate que l'arrêt de la respiration est dû, dans ces expériences, non pas à l'action locale de la cocaïne, mais à une intoxication générale, consécutive à l'absorption de la substance par le sang. Chez les poissons auxquels on enlève le cœur pour arrêter la circulation et empêcher le poison d'arriver aux centres nerveux, les mouvements respiratoires sont encore très manifestes une heure et demie après le début de l'application de la cocaïne. Ils persistent, d'ailleurs, encore, alors que les branchies sont devenues complètement insensibles.

II. — Digestion, sécrétion, nutrition.

Je puis laisser de côté les questions de Chimie physiologique, puisqu'elles font dans ce recueil l'objet d'une *revue spéciale*, et n'envisager la nutrition qu'au point de vue de l'expérimentation physiologique.

§ 1. — Sensations de faim.

D'après Luciani[2], la sensation localisée de la faim a pour origine l'état de turgescence de la muqueuse gastrique (gonflement des glandes) qui se montre peu de temps après que l'estomac s'est vidé. Il y a là une explication du fait que la sensation de faim ne se montre qu'au début (pendant un ou deux jours) d'un jeûne volontaire de longue durée. En effet, la paroi stomacale gonflée ne tarde pas à diminuer de volume par le fait même de l'inanition. Luciani montre que les excitations qui donnent lieu à la sensation de faim se transmettent aux centres nerveux principalement par la voie du pneumogastrique et accessoirement par celle du grand sympathique.

§ 2. — Digestion des albuminoïdes.

E. Fischer et plusieurs de ses élèves[3] ont préparé synthétiquement une série de polypeptides et les

[1] *Skand. Arch.*, t. XVIII, p. 263.
[2] *Arch. di Fisiol.*, t. III, p. 5.1.
[3] *C. R. Congrès*, p. 103.

Digitized by Google

ont identifiés avec les produits de l'hydrolyse artificielle des albuminoïdes et avec ceux de la digestion gastrique et intestinale des mêmes substances.

C'est, d'après eux, le seul procédé réellement scientifique pour l'étude des produits d'hydrolyse des albuminoïdes. Je me borne à signaler la méthode, ne voulant pas empiéter sur le domaine de la Chimie physiologique.

§ 3. — Sécrétion interne des glandes salivaires et fonctionnement des glandes stomacales.

John C. Hemmeter[1] signale un nouvel exemple de sécrétion interne. Les glandes salivaires fabriqueraient un produit qui n'est pas déversé dans la salive, mais qui retourne au sang par sécrétion interne. Ce produit serait nécessaire au fonctionnement des glandes gastriques.

La sécrétion gastrique s'arrête chez le chien auquel on a extirpé toutes les glandes salivaires.

On peut la faire réapparaître, chez l'animal ainsi opéré, par des injections intraveineuses d'extrait de glande salivaire. Mais l'ingestion de salive ou d'aliments insalivés est insuffisante pour faire réapparaître la sécrétion du suc gastrique. Les nerfs de l'estomac avaient été sectionnés au préalable.

Dans quatre cas de maladie de Mikulicz, observés chez l'homme, il y avait induration de toutes les glandes salivaires et suppression complète de la sécrétion gastrique. Après guérison ou amélioration de l'induration salivaire, on vit reparaître la sécrétion gastrique.

§ 4. — Lipase gastrique.

L'existence d'une lipase gastrique autonome (ferment saponifiant les graisses), qui avait été contestée de différents côtés, a été mise hors de doute par Falloise[2]. Ses expériences ont été réalisées avec toutes les précautions voulues pour exclure de l'estomac la lipase d'origine pancréatique. Quelques-unes ont été faites sur des animaux auxquels on avait lié le canal excréteur du pancréas, ou chez lesquels le pancréas avait été extirpé au préalable, afin d'exclure toute possibilité d'invasion de l'estomac par la lipase formée dans le pancréas.

§ 5. — Rôle de la bile dans la digestion des graisses.

On admet, depuis les expériences de fistule cholécysto-intestinale de Dastre, que la bile et le suc pancréatique sont tous deux nécessaires à la digestion des graisses. Claude Bernard avait montré que le suc pancréatique contient un ferment, la lipase, qui saponifie les graisses. Il les dédouble, en présence d'alcali, en savon et glycérine — forme sous laquelle les graisses sont absorbées selon Pflüger.

Quelle est la part d'intervention de la bile dans cette digestion ? C'est à cette question, encore fort obscure et controversée, que répondent, en partie du moins, les recherches de von Fürth et J. Schutz[1]. Ils ont constaté que l'action digestive du suc pancréatique ou de la lipase vis-à-vis des graisses pouvait être portée à 14 fois sa valeur par l'addition d'une petite quantité de bile. Il ne s'agit pas ici de l'intervention d'une kinase, comme c'est le cas pour le renforcement de l'action protéolytique par la kinase de l'intestin (Pawlow). La substance qui active la lipase est simplement représentée par les sels des acides biliaires. Cette action est attachée au composant cholatique : de plus, elle n'est pas spécifique, en ce sens qu'une même lipase ou stéapsine peut être activée par la bile de différentes espèces, renfermant des acides biliaires différents.

§ 6. — Sécrétion interne du pancréas.

L'étude histologique et embryogénique du pancréas a permis à Laguesse de considérer, dès 1893, les îlots de Langerhans ou îlots endocrines comme de véritables glandes closes à sécrétion interne. C'est le produit de sécrétion interne de ces îlots qui assure dans l'organisme animal l'équilibre entre la production et la consommation du sucre. La suppression de cette fonction nous explique le diabète, qui est la conséquence fatale de l'extirpation du pancréas.

Laguesse a donné de cette théorie une nouvelle confirmation très élégante. Il avait réséqué le canal excréteur du pancréas chez un lapin. Deux ans après, il constata la disparition complète du tissu sécrétoire pancréatique proprement dit, ainsi que des canaux excréteurs. Mais les îlots de Langerhans avaient persisté, aussi bien dans leur forme et leur distribution que dans leur structure histologique. Or, l'animal n'était pas devenu diabétique. La conservation des cellules des îlots endocrines avait suffi pour le préserver : c'est donc bien à ces cellules que revient la fonction de sécrétion interne.

§ 7. — Absorption intestinale.

On sait que les *propriétés*, dites *vitales*, dont on abusait tant il y a une centaine d'années pour l'explication des phénomènes physiologiques, ne sont plus en odeur de sainteté, *sit venia verbo*, auprès des physiologistes. Parmi les tentatives d'explication de phénomènes vitaux par les données de la Physico-chimie pure, il faut citer les travaux de H. J. Hamburger sur l'absorption intestinale.

Dans les démonstrations faites au Congrès[2],

[1] *Zentralbl. f. Physiologie*, t. XX, p. 434.
[2] *Arch. intern. Physiol.*, t. IV, p. 405.

[1] *Deuts. med. Woch.*, t. IX, p. 28.
[2] *C. R. Congrès* p. 55.

Digitized by Google

l'auteur a étudié la perméabilité des membranes dans deux directions.

On avait invoqué, en faveur de la nature vitale du processus de l'absorption intestinale, le fait que la muqueuse vivante et intacte permet le transport du sel marin dissous de la lumière de l'intestin vers le sang, mais non en sens inverse, c'est-à-dire du sang vers la lumière intestinale. Cette différence disparait, disait-on, dès qu'on altère la muqueuse par un poison (solution de fluorure de sodium ou liqueur arsenicale de Fowler) qui tue les cellules épithéliales. On croyait démontrer ainsi que la perméabilité différente de la muqueuse intestinale, suivant deux directions, correspond à une propriété vitale de cette membrane.

Hamburger a constaté que cette perméabilité différente tient simplement à la constitution physique de la muqueuse : une muqueuse morte depuis plusieurs jours, ou tuée par un chauffage à 100°, se comporte de la même façon qu'une muqueuse vivante.

Il s'agit d'un processus purement physique, qui paraît dépendre du fait que la muqueuse peut être considérée comme résultant de l'accolement de deux membranes différentes : la couche de muqueuse proprement dite et la couche musculaire de la muqueuse. L'auteur a constaté que des membranes artificielles, formées, par exemple, par l'accolement d'une couche de papier parchemin et d'une couche de collodion ou de gélatine chromatée, se comportent de la même façon : elles laissent passer les substances solubles dans une direction, non dans l'autre.

§ 8. — Greffe rénale.

J'ai signalé plus haut (p. 72) l'étonnante expérience de transplantation d'une patte entière de chien à chien, réalisée par Alexis Carrel. Le même Américain a réussi sur le chat la transplantation des deux reins, avec restitution de la fonction urinaire et production d'une urine exempte d'albumine. L'animal mourut au bout de quinze jours par cause accidentelle. L'autopsie montra que l'opération avait pleinement réussi. Alexis Carrel possède également plusieurs rats en vie, dont les reins ont été extirpés et remplacés par des reins empruntés à d'autres individus. La réussite de ces greffes rénales montre que la sécrétion rénale présente ceci de particulier qu'elle peut s'effectuer sans intervention du système nerveux.

§ 9. — Urée chez les Poissons Plagiostomes.

On sait que tous les tissus, sans en excepter le sang, sont extrêmement riches en urée chez les Poissons Plagiostomes (raies, squales, etc.). S. Baglioni a montré que l'urée n'y a pas la même signification que chez les Vertébrés supérieurs[1]. Ce n'est pas un produit excrémentitiel dont l'organisme doit se débarrasser au plus vite : bien au contraire, la présence de l'urée dans les liquides nourriciers des Plagiostomes est indispensable aux manifestations physiologiques des muscles, du cœur, etc. Un cœur de squale cesse de battre si on le nourrit avec une solution privée d'urée. Il se remet à battre si l'on ajoute 2 °/₀ d'urée au sérum physiologique qui l'irrigue. Si l'on fait une saignée sur l'animal vivant, on constate que la teneur du sang en urée se rétablit rapidement. L'urée représente donc une substance nécessaire à la constitution normale du sang.

A noter que, chez le *Scyllium stellare*, l'urine contient moins d'urée (0,64 à 1,41 °/₀) que le sérum sanguin (2,67 à 2,76 °/₀).

On sait que le sang des Poissons Plagiostomes est beaucoup plus pauvre en sels que l'eau de mer (Léon Fredericq), quoique ces deux liquides soient isotoniques et présentent la même concentration moléculaire (Bottazzi). C'est précisément l'urée qui vient combler la différence et qui assure l'isotonie, malgré la pauvreté de la teneur saline du sang.

III. — Systèmes nerveux et musculaire.

§ 1. — Fonctionnement et fatigue des fibres nerveuses.

Jusque dans ces dernières années, on avait admis que les fibres nerveuses font, jusqu'à un certain point, exception à la règle en vertu de laquelle toute matière vivante est le siège de phénomènes d'usure et de combustion, qui s'exagèrent sous l'influence du fonctionnement. On comparait volontiers les nerfs à des fils télégraphiques ou à des schémas purement physiques, et l'on établissait un parallèle entre la propagation de l'influx nerveux et le déplacement d'une tension électrique dans un conducteur inerte. Les deux phénomènes étaient censés se dérouler sans dépense appréciable. Seuls de tous les tissus vivants, les nerfs étaient considérés comme capables de fonctionner sans présenter de phénomènes de fatigue.

Cette doctrine est fortement battue en brèche depuis quelques années. Nombre de physiologistes commencent à admettre que les fibres nerveuses ont besoin, comme les autres tissus, de consommer de l'oxygène, de brûler du combustible, et qu'elles sont susceptibles d'usure et de fatigue.

L'infatigabilité des nerfs de grenouille et de ceux des Mammifères a été remise en doute de différents côtés : Radzikowski (1904), Fröhlich (1903).

Burian[2] a montré que les nerfs des Mollusques

[1] *Beitr. z. chem. Physiol.*, t. IX, p. 50.
[2] *C. R. Congrès*, p. 123.

Digitized by Google

Céphalopodes se prêtent particulièrement bien à l'étude des phénomènes de fatigue et de restauration. Si l'on excite pendant un temps assez long, au point A, au moyen de courants induits d'intensité moyenne, le nerf moteur du manteau d'*Octopus* ou d'*Eledone*, tout en bloquant par narcose locale une portion K du nerf située en aval, c'est-à-dire entre le point A et le muscle, on constate que, lorsque les effets de la narcose ont cessé, l'excitabilité au point A est notablement affaiblie. Le point A est fatigué et ne se restaure qu'au bout d'un temps de repos plus ou moins long.

Snyder[1] est d'avis que le fonctionnement des nerfs, spécialement la propagation de l'influx nerveux moteur, est basé sur des réactions chimiques. Il s'appuie principalement sur l'influence que les variations de la température exercent sur la conductibilité nerveuse. Cette influence rentre dans la loi thermique des processus chimiques (formule d'Arrhenius), et s'éloigne, au contraire, du type thermique propre aux phénomènes physiques.

§ 2. — **Fonctions conductrices des neurofibrilles.**

Carlson avait affirmé que le temps perdu dans les nerfs moteurs de plusieurs Invertébrés (une limace : *Ariolimax*; et un ver : *Bispira*) s'allonge quand on soumet le nerf à l'extension, et que l'augmentation du temps perdu est proportionnelle à l'allongement anatomique du nerf. Comme, dans ces expériences, l'extension du nerf n'a pas pour effet d'allonger réellement les neurofibrilles, dont les plissements s'effacent seulement, il en avait conclu que la transmission de l'influx moteur s'opère non par les neurofibrilles, mais par le neuroplasme, seule partie de la fibre nerveuse que l'extension allonge réellement.

Au contraire, Bethe a toujours soutenu que les neurofibrilles constituaient la seule voie de conduction de l'influx nerveux. Il a repris les expériences de Carlson[2] en utilisant la sangsue, qui se prête très bien à ces expériences, puisque la différence de longueur entre le corps étendu et contracté varie comme 1 : 3 ou même comme 1 : 3,5. Le cordon ventral des Hirudinées se comporte comme un long nerf périphérique : les voies réceptrices y sont distribuées dans toute sa longueur.

Ici, comme chez les animaux sur lesquels Carlson a expérimenté, l'allongement de l'animal se borne à effacer les ondulations des neurofibrilles, sans modifier leur longueur réelle. Seule la substance périfibrillaire, l'hyaloplasme ou neuroplasme, change de longueur.

Or, chez les sangsues, le temps nécessaire pour qu'une excitation de l'extrémité ventrale postérieure arrive à l'extrémité antérieure et y provoque des réactions motrices est sensiblement le même dans les différents états de longueur de l'animal. Bethe en conclut que la transmission s'est faite, contrairement à l'opinion de Carlson, par l'élément neurofibrillaire, dont la longueur réelle est invariable.

§ 3. — **Stimulation élective des tissus complexes.**

Keith Lucas[1] a réalisé ce qu'il appelle la *stimulation élective des tissus complexes*.

Des courants de durée différente sont appliqués sur un tissu excitable simple, un muscle privé de nerf par exemple : on constate que, si l'on détermine la valeur minima d'excitation pour chaque durée du courant, cette valeur du courant croît régulièrement, suivant une courbe sans accidents, à mesure que la durée du courant décroît. Mais, si l'on agit sur un tissu complexe, par exemple le milieu du muscle couturier de la grenouille, où se rencontrent à la fois des nerfs, des fibres musculaires et des terminaisons nerveuses, la courbe d'excitation se résout en trois portions distinctes séparées par des inflexions. La discussion de l'expérience conduit à la conclusion que les trois portions de la courbe correspondent à l'excitation successive de la fibre musculaire, de la fibre nerveuse et de quelque substance intermédiaire entre ces deux éléments histologiques. Quand on a, au préalable, déterminé l'allure de la courbe pour une préparation donnée, on peut, en choisissant un courant de durée convenable, réaliser la stimulation élective de chacun des trois éléments vivants.

L'auteur a montré au Congrès un pendule permettant d'obtenir facilement des excitations électriques de durée rigoureusement déterminée.

§ 4. — **Nerfs des muscles.**

Nicolaïdes[2] a fait, sur le plexus lombaire de la grenouille, des expériences démontrant l'existence de fibres nerveuses périphériques d'arrêt, se rendant, concurremment avec les fibres motrices ordinaires, aux muscles gastro-cnémiens.

J. N. Langley[3] a cherché à démontrer la nature non spécifique des plaques terminales des nerfs moteurs des muscles des Vertébrés.

J. S. Macdonald[4] et R. Höber ont insisté sur l'importance des sels et des processus colloïdaux pour le fonctionnement des nerfs moteurs.

Bottazzi a montré que l'on peut répéter la plupart des expériences de physiologie musculaire et nerveuse chez l'animal à sang chaud. Le nerf phrénique du chien, avec la portion adjacente du dia-

[1] *C. R. Congrès*, p. 53.
[2] *C. R. Congrès*, p. 121.

[1] *C. R. Congrès*, p. 120.
[2] *C. R. Congrès*, p. 118.
[3] *C. R. Congrès*, p. 114.
[4] *C. R. Congrès*, p. 114.

Digitized by Google

phragme, constitue une bonne préparation neuro-musculaire pour les recherches et les démonstrations de la Physiologie générale. Si la préparation est placée dans du liquide de Ringer mélangé à du sang oxygéné, et est conservée à une température voisine de celle du corps, elle survit pendant plusieurs heures et permet d'exécuter un grand nombre d'expériences intéressantes.

§ 5. — Combustion organique dans les cellules nerveuses.

Comme on vient de le voir, on discute encore la question de savoir si le fonctionnement des nerfs périphériques est accompagné de phénomènes de combustion organique impliquant une consommation d'oxygène.

Pour les centres nerveux, la question n'est pas douteuse. Une expérience élégante, exécutée par Leonard Hill il y a quelques années, et dont je n'ai pas encore parlé ici, suffirait à mettre le fait hors de doute. Le bleu de méthylène est décoloré par les corps réducteurs, et ce changement de coloration peut servir à déceler dans l'organisme le degré d'activité des oxydations organiques. Hill injecte ce bleu dans le torrent circulatoire d'un animal vivant : il constate que la matière colorante passe par diffusion dans tous les organes, mais qu'elle ne conserve sa couleur bleue que là où les oxydations organiques sont peu actives, comme dans le sang. Dans la plupart des tissus, il y a décoloration, et décoloration d'autant plus prononcée que le tissu est plus actif au point de vue de sa consommation d'oxygène.

Si l'on met à nu le cerveau d'un animal anesthésié, on constatera une coloration bleue diffuse du tissu nerveux. Si l'anesthésie n'est pas trop profonde, toute excitation électrique d'une zone psycho-motrice, suffisante pour provoquer des mouvements dans la partie somatique correspondante, provoquera la décoloration de la zone psycho-motrice. La décoloration indique ici que le fonctionnement des éléments nerveux s'est accompagné de la réduction du bleu de méthylène. Si l'on pousse l'anesthésie plus loin, de manière à supprimer momentanément l'excitabilité cérébrale, on n'observera plus d'effet moteur par excitation locale de la zone psycho-motrice, et la décoloration y fera également défaut. C'est une démonstration élégante de l'intervention des phénomènes d'oxydation dans le fonctionnement des cellules nerveuses et spécialement dans celui des centres cérébraux psycho-moteurs.

§ 6. — Épuisement et fatigue des cellules nerveuses.

L'oxydation dont les cellules nerveuses sont le siège et les phénomènes de fatigue et d'épuisement qui s'y déroulent par arrêt de la circulation ont été étudiés récemment par Verworn et ses élèves. Ces expériences ont été faites sur la moelle épinière de grenouilles strychninisées, c'est-à-dire dont l'excitabilité réflexe avait été exaltée par le toxique. Les plus faibles excitations sensibles provoquent à chaque instant de violentes convulsions tétaniques, circonstance favorable pour l'étude des phénomènes de fatigue dus à l'interruption momentanée de la circulation. Les expériences ont montré que les cellules nerveuses qui présentent un fonctionnement intense, comme c'est le cas pour la moelle épinière des grenouilles strychninisées, sont le siège de deux processus différents qui s'y déroulent côte à côte : une paralysie due à l'accumulation des produits de désassimilation, de combustion organique (*fatigue* proprement dite, répondant à l'action de *substances fatigantes*), et une paralysie provenant du déficit d'oxygène et de celui de combustible (*épuisement* des matériaux de remplacement).

Les grenouilles strychninisées étaient soumises à une circulation artificielle de sérum physiologique (solution de chlorure de sodium) privé d'oxygène. Elles montraient, pendant de longues heures, les accès classiques de convulsions. Le liquide circulant n'apportait rien aux cellules, puisqu'il ne contenait ni oxygène, ni combustible de réserve : il ne leur était utile qu'en enlevant les produits de la combustion organique dont l'accumulation devient promptement nuisible. Il suffit, en effet, d'interrompre momentanément le renouvellement du liquide salin d'irrigation, pour constater bientôt un affaiblissement graduel, puis une cessation des accès de convulsions, que les excitations sensibles les plus énergiques ne parviennent plus à rappeler. Dès qu'on rétablit la circulation, de manière à entraîner CO^2 et les autres déchets de la combustion organique accumulés dans les cellules nerveuses, les convulsions reparaissent et pourront persister pendant assez longtemps. Mais il arrivera cependant un moment où les réserves de combustible et d'oxygène accumulées dans ces cellules commenceront à être atteintes. Ce sont celles d'oxygène qui s'épuisent en premier lieu : malgré la persistance de la circulation du liquide salin, les convulsions strychniques s'affaiblissent et s'éteignent graduellement. A ce moment, on peut les ranimer, rien qu'en ajoutant de l'oxygène au liquide d'irrigation. C'est donc bien l'absence de cet élément qu'il fallait incriminer ici. En quelques minutes, les convulsions strychniques reparaissent avec leur énergie maximale. Si, à ce moment, on remplace le liquide oxygéné par la solution primitive, on constate que le court passage de la solution oxygénée a suffi pour charger les cellules de la moelle épinière d'une

Digitized by Google

véritable provision d'oxygène, qui leur permettra de fonctionner de nouveau pendant de longues heures. A basse température, les cellules sont capables d'accumuler de plus grandes quantités d'oxygène dans leurs magasins. Cet oxygène paraît s'y trouver à l'état de combinaison chimique facilement dissociable.

Si l'on fait circuler la solution saline oxygénée à travers la moelle épinière de la grenouille strychninisée, celle-ci pourra continuer à vivre et à réagir pendant un à deux jours ; puis les convulsions strychniques s'affaiblissent de nouveau. Les cellules de la moelle, qui vivaient sur leurs réserves de combustible, ont finalement épuisé ces réserves. Seule une circulation de sang complet ou de liquide nutritif serait capable de reconstituer ces réserves et de restaurer les fonctions de la moelle.

Quand à la nature de ces réserves de combustible, il faut probablement les localiser, avec Holmes et plusieurs autres expérimentateurs, dans les granulations chromophiles de Nissl. On voit ces granulations s'accumuler en grand nombre, comme des matériaux de réserve, dans les cellules nerveuses au repos, tandis que le fonctionnement des éléments nerveux, leur fatigue, leur épuisement se traduisent objectivement par une diminution graduelle de ces réserves granulaires.

Ces granulations paraissent formées principalement de nucléo-protéides. Marinesco a proposé de les appeler *kinétoplasmes*, pour marquer qu'elles représentent la source matérielle de l'énergie que développe la cellule nerveuse.

§ 7. — Excitation des bâtonnets rétiniens.

A. Kreidl et Ishihara[1] ont constaté, chez l'embryon de cobaye, l'apparition de la variation photoélectrique à partir de la huitième semaine, chez le lapin nouveau-né du troisième au quatrième jour, chez le chat du quatrième au cinquième jour, chez le jeune rat du treizième au quatorzième jour après la naissance. L'apparition de la variation photoélectrique coïncide avec le développement de la couche des bâtonnets et des cônes de la rétine, et correspond à des processus se déroulant dans cette couche. C'est une preuve nouvelle de l'intervention des cônes et des bâtonnets dans le processus d'excitation de la rétine. On sait que la variation photoélectrique consiste dans le développement d'une tension électrique négative dans les portions de rétine excitées par la lumière. C'est un cas particulier de la règle générale en vertu de laquelle toute excitation de substance irritable vivante est accompagnée de l'apparition locale d'une tension électrique négative.

[1] *C. R. Congrès*, p. 52.

§ 8. — Mouvements réflexes des libellules.

Tous les animaux inférieurs se mouvant librement sont organisés de manière à répondre aux excitations extérieures par un mouvement de fuite. Le moment où cette réaction s'arrête dépend de circonstances extérieures, telles que : 1° l'intensité de l'excitant ; 2° la résistance opposée au mouvement par le milieu.

C'est un indice de la supériorité de l'organisation d'un animal que la capacité de déterminer par lui-même l'arrêt de ses mouvements.

Von Uexküll[1] a étudié un exemple de ce genre de supériorité chez la libellule : si l'on coupe la tête à une libellule et que l'on comprime ensuite le dernier anneau de l'abdomen, aussitôt les pattes abandonnent le support et les ailes commencent à battre ; le battement des ailes cesse par arrêt de la compression.

A l'état normal, une libellule entière, répondant à cette excitation, quittera également son support et commencera à battre des ailes ; mais le battement continuera assez longtemps, même après que l'excitation aura cessé.

On peut obtenir le même résultat en excitant par un courant induit les ganglions ventraux qui commandent aux ailes : le battement débute avec l'excitation et cesse en même temps qu'elle ; au contraire, si c'est le cerveau que l'on excite par ce même courant, le mouvement continue plusieurs minutes encore après cessation de l'excitation.

Nous pouvons conclure de ces faits que le cerveau des libellules contient un appareil capable de maintenir en mouvement, pendant un temps assez long, des muscles qui avaient répondu de façon réflexe à une excitation déjà lointaine. L'intercalation de cet appareil dans le circuit permet de mettre la durée des mouvements sous la dépendance des organes supérieurs des sens : dans le cas présent, de la vue.

C'est ainsi que les animaux pourvus d'une organisation supérieure arrivent à contrôler leurs actes et à mieux se dominer eux-mêmes.

§ 9. — Nature du phénomène du genou (Kniephänomen de Westphal).

Dans ces dernières années, un certain nombre de physiologistes ont admis que la contraction du triceps crural et l'extension brusque de la jambe, qui se montrent quand on percute le tendon rotulien, n'étaient pas de nature réflexe, mais qu'il s'agissait d'une contraction du muscle provoquée par excitation mécanique directe[2].

M. Philippson et von Scheven[3] sont arrivés,

[1] *C. R. Congrès*, p. 128.
[2] *Arch. int. Physiol.*, t. V, p. 131.
[3] *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. CXVII, p. 108.

Digitized by Google

indépendamment l'un de l'autre, à la conclusion qu'il s'agit bien d'un phénomène réflexe. Le temps qui s'écoule entre l'application de l'excitant (percussion du tendon) et la contraction musculaire est trop long pour pouvoir être identifié avec le temps latent du muscle. Ce temps perdu présente, sous diverses influences, des variations qui ne s'expliquent que dans l'idée qu'il s'agit d'une contraction réflexe.

§ 10. — Nature de la contraction volontaire des muscles striés.

On admet depuis longtemps que les contractions musculaires qui correspondent aux mouvements volontaires que nous exécutons sont de nature discontinue et représentent ce que l'on appelle des contractions tétaniques. Mais on n'est pas d'accord sur le rythme caractéristique de ces contractions.

H. Piper[1] les a étudiées en prenant comme point de repère les variations électriques qui accompagnent toute contraction musculaire.

Il est arrivé à ce résultat qu'il y a, pour le tétanos des mouvements volontaires, un rythme typique, d'environ 50 oscillations électriques à la seconde, correspondant à autant d'excitations émanées du système nerveux central. Ce nombre typique se retrouve dans les contractions volontaires les plus brèves. La force des contractions n'a d'influence que sur l'intensité des oscillations électriques, mais non sur leur nombre.

Il semble bien que les impulsions motrices amenées par les fibres nerveuses atteignent en même temps (à la façon de salves) toutes les fibres musculaires, au niveau de l'équateur nerveux du muscle. La contraction du muscle entier correspondrait assez bien aux phases de la contraction de chaque fibre considérée isolément.

IV. — Génération.

§ 1. — Transplantation d'ovaires.

F. H. A. Marshall et W. A. Jolly ont réussi à greffer l'ovaire d'un rat dans le péritoine ou le rein d'un autre rat de la même portée. Quand l'opération réussit — ce qui n'est pas fréquent — l'ovaire transplanté continue à produire des ovules et à développer des corps jaunes. Cette greffe, quand elle réussit chez un rat femelle, dont les ovaires ont été extirpés, prévient la dégénérescence de l'utérus qui se produirait sans cela; car cette dégénérescence est la suite ordinaire de l'extirpation des ovaires.

C. C. Guthrie et Lyon ont réalisé la même expérience de transplantation d'ovaires, mais chez la poule, et dans un autre but. Ils ont exécuté leurs expériences sur des poules noires ou blanches de race pure. Une poule noire intacte, accouplée avec un coq noir, ne donne que des rejetons de race pure noire. Si on lui fait la transplantation d'un ovaire emprunté à une poule de race blanche, et si on l'accouple de nouveau avec un coq noir, on n'obtient plus des produits purs : la descendance montre un mélange des caractères des deux races. Si l'on accouple une poule noire, à laquelle on a greffé un ovaire de poule blanche, avec un coq de race blanche, on observe également des produits qui ne sont plus de race pure, mais qui présentent les caractères des deux races plus ou moins combinés.

Les résultats sont analogues avec des poules blanches auxquelles on a fait la greffe d'un ovaire de poule noire et qu'on accouple avec un coq blanc ou un coq noir. Les produits ne sont pas de race pure.

Conclusion : Les ovaires transplantés ont fonctionné normalement. Les caractères des descendants sont influencés par la nature du terrain maternel sur lequel l'ovaire a été implanté.

§ 2. — Sécrétion interne du testicule et développement des pattes antérieures de la rainette.

On sait que les mâles de la rainette et de la grenouille présentent, à la saison des amours, une hypertrophie locale de la patte antérieure et des doigts, hypertrophie en rapport avec l'acte copulateur. Nussbaum a constaté que ces changements ne se produisent pas chez les mâles dont les testicules ont été enlevés. Mais il suffit d'introduire, sous la peau du dos des mâles châtrés, des fragments de tissu testiculaire, pour que l'hypertrophie copulatrice des pattes antérieures se montre de nouveau.

C'est un nouvel exemple de *sécrétion interne*. Le testicule de rainette produit au printemps une substance de nature inconnue, qui, transportée par le sang, provoque l'hypertrophie de la patte antérieure. Nussbaum croyait à une intervention du système nerveux central : Pflüger[1] a montré que le fait rentre dans la catégorie ordinaire des sécrétions internes.

Voir plus haut (p. 70), à l'article *hormones* (Physiologie générale), l'influence des extraits fœtaux sur la sécrétion des glandes mammaires.

L. Fredericq.
Professeur de Physiologie à l'Université de Liége.

[1] *C. R. Congrès*, p. 110.

[1] *Arch. f. die ges. Physiol.*, t. CXVI, p. 375.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Papelier (G.), *Professeur de Mathématiques spéciales au Lycée d'Orléans.* — **Précis de Géométrie analytique.** — 1 *vol. de* 696 *pages, avec* 238 *fig. Vuibert et Nony, éditeurs. Paris*, 1908.

Encore un ouvrage né à la suite des changements apportés aux programmes des Ecoles et de l'introduction de nouvelles méthodes dans l'enseignement. Dans des domaines considérés longtemps comme des dépendances étroites de la Géométrie analytique, la Géométrie moderne a fait de telles conquêtes, a présenté tant de conceptions et de méthodes nouvelles qui l'emportent en simplicité sur les anciennes, qu'une place plus ou moins large lui est faite désormais dans les Traités destinés à l'enseignement.

L'auteur, en conséquence, sans aller, comme les auteurs allemands, par exemple, jusqu'à remplacer complètement l'exposition classique par celle de la Géométrie projective et réduire au minimum les calculs algébriques, traite avec quelques détails : la théorie des Polaires, l'Homographie, l'Involution, etc.

Du reste, l'ouvrage est complet, les démonstrations sont présentées très clairement. Malheureusement, deux choses sont à regretter : la trop grande multiplicité des paragraphes et autres divisions du texte, qui ne permet pas — à l'élève, tout au moins — de se rendre compte immédiatement des points importants et de les camper en pleine lumière, puis la qualité des « applications » choisies, qui paraissent trop abstraites et pas assez nombreuses.

Ed. Dénolis,
Professeur à l'Ecole Professionnelle de Genève.

Cambridge Tracts in Mathematics and Mathematical Physics.

N° 5. **Whitehead** (A. N.), *Fellow of Trinity College, Cambridge.* — **The Axioms of Descriptive Geometry.** — 1 *vol. in-8° de* 74 *pages avec fig.* (*Prix* : 3 *fr.* 15.)

N° 6. **Mathews** (G. B.), *F. R. S., Fellow of Saint John's College, Cambridge.* — **Algebraic Equations.** — 1 *vol. in-8° de* 64 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 15.) *C. F. Clay, éditeur, Fetter Lane, Londres*, 1907.

Nous avons déjà signalé (voir la *Revue* du 15 avril 1907, p. 293) le but et l'esprit de cette intéressante collection. Les deux volumes parus depuis lors se rapportent, l'un aux axiomes de la Géométrie descriptive, — que l'auteur relie à la Géométrie projective par le moyen des points idéaux, de la correspondance point par point, de la congruence, etc., — l'autre aux Equations algébriques, dont l'auteur donne la théorie en se plaçant uniquement au point de vue de Galois.

Boulvin (J.), *Directeur des Constructions maritimes de l'Etat belge.* — **Cours de Mécanique appliquée aux Machines**, *professé à l'Ecole spéciale de Génie civil de Gand*; 4e *fascicule* : **Générateurs de vapeur.** 2e *édition.* — 1 *vol. in-8° de* 320 *pages avec une planche et* 204 *figures. E. Bernard, éditeur. Paris*, 1907.

Le nom et la réputation de l'auteur, ainsi que la réédition qui est faite de cet ouvrage, le recommandent suffisamment pour que nous n'ayons pas à nous étendre longuement sur son mérite : le savant professeur s'est attaché à présenter d'une manière succincte les théories de la Physique industrielle relatives à la production et à la transmission de la chaleur par la vapeur. Un premier chapitre est consacré à la production du calorique et à l'étude des foyers ; le chapitre II traite de l'utilisation de la chaleur et il donne les formules de rendement ; les dispositions générales des générateurs font l'objet du chapitre III, et le lecteur y trouvera la description des meilleurs types ; dans les chapitres IV, V et VI, l'auteur examine par le détail les appareils alimentaires, l'épuration des eaux, les prises de vapeur, les canalisations, les surchauffeurs et les divers appareils de sûreté. Le dernier chapitre étudie les causes de destruction des chaudières et les mesures de sécurité à prendre pour les éviter. Ces brèves indications témoignent de la méthode excellente qui préside à la rédaction de ce bel ouvrage.

La dernière édition de ce fascicule portait la date de 1894 : elle comptait 238 pages et 184 figures dans le texte ; ce rapprochement permet d'apprécier l'importance du travail de revision auquel s'est livré M. Boulvin et démontre que l'ouvrage a été notablement augmenté. Comparant les tables des matières, on voit qu'un bon nombre de paragraphes portent la mention *bis* et *ter* : on reconnaît d'un seul regard les additions faites au premier travail. Signalons les règles adoptées en 1899 pour les essais de générateurs par l'Association des Ingénieurs allemands, une étude plus approfondie de la circulation de l'eau dans les chaudières à tubes d'eau, une analyse des résistances opposées au mouvement de la vapeur, la détermination de l'eau entraînée par des méthodes nouvelles, la description des surchauffeurs, etc. Nous aurions désiré trouver une critique des procédés de travail des tôles d'acier, dont on se préoccupe à bon droit.

Le cours de M. Boulvin présente un double caractère théorique et pratique que nous tenons à faire ressortir : le professeur n'y fait pas étalage d'une science vaine, et il ne donne que des formules utiles et directement applicables ; d'autre part, toutes les constantes qui y figurent sont empruntées à des expériences récentes et bien conduites, et l'on y peut ajouter foi.

Aimé Witz,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille, Correspondant de l'Institut.

2° Sciences physiques

Devaux-Charbonnel, *Ingénieur des Télégraphes, Professeur à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes.* — **Etat actuel de la Science électrique. Phénomènes, Applications, Théories.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 650 *pages, avec* 346 *fig.*) *Prix* : 20 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Le livre de M. Devaux-Charbonnel est, comme l'indique le sous-titre, divisé en trois parties : Phénomènes, Applications, Théories. Au début, en quelques pages, l'auteur montre comment se sont introduites dans la science les notions des principales grandeurs électriques et avec quels systèmes d'unités on peut les mesurer ; cela permet d'alléger ensuite.

La première partie est l'exposé des connaissances courantes ; elle commence par l'étude du champ magnétique ; on trouve ensuite l'étude des courants, des piles, l'électrolyse, l'induction ; les propriétés des condensateurs conduisent à l'électrostatique, qui est peu développée. Ce plan permet de présenter rapidement toutes les lois importantes, en particulier tout ce qui est nécessaire pour aborder les applications.

Dans la deuxième partie, l'auteur n'a pas du tout cherché à présenter un résumé de l'ensemble des applications de l'électricité ; il a, avec juste raison, laissé

Digitized by Google

de côté l'étude des dynamos, des moteurs et des industries électriques ordinaires, c'est-à-dire tout ce qu'on trouve facilement dans les Traités d'Electricité industrielle; il a développé les parties où un ingénieur des télégraphes est tout particulièrement compétent : étude des lignes aériennes, souterraines et sous-marines, de la propagation dans ces lignes des courants continus interrompus et des courants alternatifs (téléphoniques), oscillations électriques, télégraphie et téléphonie sans fil; on sait que M. Devaux-Charbonnel a fait sur ces questions, soit seul, soit en collaboration avec M. Abraham, une série de travaux personnels importants. Cette deuxième partie est très originale, et on y trouve rassemblées beaucoup de choses intéressantes et nouvelles.

La troisième partie comprend d'abord un exposé succinct de la théorie de Maxwell, ou plutôt de ses résultats; mais ce sont surtout les propriétés des ions et des électrons qui y sont étudiées, ainsi que les théories qui s'y rattachent; cette partie est donc aussi très nouvelle.

L'ouvrage est clair; la lecture en est facile et n'exige en général que la connaissance des Mathématiques élémentaires et, pour quelques points, des notions les plus simples du Calcul différentiel; l'auteur a très bien su éviter la sécheresse et le dogmatisme; il indique nettement comment les notions ou les théories sont nées, et quel en est l'intérêt; il met bien en évidence les difficultés ou les hypothèses; son livre est très vivant. Les figures sont claires; on y a tiré bon parti des reproductions oscillographiques.

C'est justement à cause de ces qualités que je me permettrai quelques légères critiques de détail, sur lesquelles il n'y aurait pas lieu d'insister pour un ouvrage moins important.

Il y a quelques petites erreurs dans la documentation; on lit, par exemple (p. 37) : « le fer doux recuit perd son aimantation dès qu'on supprime le champ »; c'est une erreur; l'aimantation rémanente du fer doux est au moins aussi grande que celle des aciers; elle est seulement plus sensible aux actions perturbatrices, comme l'indique la faible valeur du champ coërcitif; page 42, il est indiqué que l'aimantation du fer peut atteindre 1.300 unités C. G. S.; c'est 1.700 à 1.800 qu'il aurait fallu dire; dans la même page, un lapsus du texte fait dire que le maximum de la perméabilité du fer correspond à l'aimantation à saturation.

M. Devaux-Charbonnel cite peu de noms d'auteurs; il a tout à fait raison, étant donné le caractère de son livre; mais il eût été préférable, dans certains cas, de ne faire aucune citation que d'en faire d'incomplètes. Exemples : p. 403, relativement à la mesure de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques, on trouve seulement les noms de Duane et Trowbridge; p. 239, relativement à la mesure de v, ceux de Pérot et Fabry, Weber et Kohlrausch; pourquoi, donnant ces noms, l'auteur n'a-t-il pas donné aussi ceux de physiciens qui ont fait des mesures excellentes par des procédés qu'il indique? P. 508, la découverte de l'électrisation négative des rayons cathodiques est attribuée uniquement à Schuster; il eût été juste de dire que cette électrisation n'a été mise hors de doute que par l'expérience de Perrin, qui est l'expérience citée en première ligne, par exemple, dans le Traité de J. J. Thomson, et d'ailleurs également dans le livre de M. Devaux-Charbonnel, mais sans nom d'auteur.

Enfin, certaines expressions ne sont peut-être pas très correctes; par exemple, dans un paragraphe intitulé : Equivalent mécanique de l'électricité (p. 60), on lit qu' « une conséquence à tirer de la loi de Joule est le principe de l'équivalence de l'électricité et du travail ».

Ces remarques de détail n'atteignent en rien l'ensemble du livre, qui, je le répète, est très bon, et rendra certainement beaucoup de services.

CH. MAURAIN,
Professeur de Physique à l'Université de Caen.

Post (J.), *Professeur honoraire à l'Université de Gœttingue*, et **Neumann** (B.), *Professeur à la Technische Hochschule de Darmstadt.* — **Analyse chimique appliquée aux essais industriels.** — 2e *édition française, traduite d'après la* 3e *édition allemande par le* Dr L. GAUTIER. *Tome I*, 1er *fascicule.* — 1 *vol. in-8° de* 220 *pages, avec* 104 *figures.* (*Prix* : 6 *fr.* 50.) *Hermann, éditeur. Paris*, 1907.

La plupart des laboratoires industriels se sont servis et se servent encore de la 1re édition française de l'*Analyse chimique* de Post, parue en 1884. Ce Traité — classique s'il en fut — a rendu les plus grands services à l'industrie par le choix particulièrement heureux des méthodes d'analyse qui s'y trouvent. Mais, depuis 1884, un certain nombre de méthodes ont été modifiées ou même abandonnées. La nouvelle édition vient donc à point. Elle comprend une série de monographies rédigées avec un soin tout particulier par des spécialistes dont les noms seuls sont faits pour inspirer la plus entière confiance.

Voici les matières traitées dans le 1er fascicule :

1° Les Eaux, par le Dr Vogel;
2° Les Combustibles, par le Dr Langbein;
3° La Pyrométrie, par le Dr Neumann;
4° Les Gaz et les fumées, par le Dr Neumann.

Les procédés d'analyse sont non seulement choisis avec intelligence, mais ils sont appréciés avec un sens critique qui rendra le livre intéressant même pour ceux qui ne sont pas de la partie.

A propos des *combustibles*, on insiste avec beaucoup de raison sur l'influence de la constitution moléculaire des éléments sur la chaleur de combustion. Les chimistes négligent trop souvent cette influence. On sait qu'un même élément a une chaleur de combustion qui varie avec son état allotropique, que le carbone, par exemple, fournit 7.859 calories quand il est à l'état de diamant et 8.137 quand il est à l'état de charbon de bois. On sait également que des corps isomères ne possèdent pas la même chaleur de combustion, que la sarcosine, $C^3H^7AzO^2$, par exemple, donne 4.505 calories, tandis que l'alanine isomère ne donne que 4.355 calories.

Ces exemples montrent suffisamment qu'il n'est pas possible de calculer simplement la chaleur de combustion en se basant sur la composition centésimale. Il faut donc avoir une confiance très limitée dans la formule qu'on a établie pour des combustibles de constitutions aussi diverses que le bois, la tourbe, le lignite, la houille et l'anthracite.

Le procédé le plus approprié aux déterminations scientifiques et techniques est celui de la combustion dans la bombe calorimétrique, dont le Dr Langbein parle avec la compétence qu'on lui sait.

On trouvera, dans le chapitre relatif à la pyrométrie, les méthodes les plus récentes de mesure des températures, depuis le thermomètre à mercure en borosilicate, contenant de l'azote sous pression et marquant jusqu'à 550°, jusqu'au couple thermo-électrique en nikel-charbon.

La traduction est claire; les phrases sont bien coupées. On sent, et on sait d'ailleurs, que le Dr Gautier connaît aussi bien la langue que le sujet et que celui-ci l'intéresse particulièrement.

A. HOLLARD,
Chef du Laboratoire central des Usines de la Compagnie française des Métaux.

3° Sciences naturelles

Viré (A.), *Docteur ès Sciences, Lauréat de l'Institut.* — **Le Lot : Padirac, Rocamadour, Lacave.** — 1 *vol.* in-16° *de la Collection Boule, de* 312 *pages avec* 87 *fig. et* 6 *planches.* (*Prix* : 4 *fr.* 50.) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1907.

La collection des « Guides Boule, guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue » vient de s'enrichir d'un nouveau volume sur le Lot, dû à la plume de M. A. Viré. Ce savant, qui avait déjà collaboré, avec

Digitized by Google

succès, au volume de « *la Lozère, les Causses et les Gorges du Tarn* », était spécialement qualifié pour entreprendre ce travail, car ses premières publications se rapportent à ce département, qu'il habite, qu'il a exploré dans ses moindres détails et pour lequel il a une prédilection marquée.

Ses débuts dans la vie scientifique eurent précisément pour objet l'étude des curieuses faunes cavernicoles du département du Lot. Il n'est donc pas surprenant que le chapitre « faune et flore » de son livre soit très personnel.

L'hydrographie ancienne et souterraine a été aussi traitée d'une façon fort intéressante. Le pays, d'ailleurs, s'y prête admirablement, puisqu'il est calcaire dans la moitié de son étendue et offre des exemples multiples et curieux de rivières souterraines.

Qui ne connaît Padirac, au moins de nom : Padirac, l'une des cinq merveilles souterraines du monde, que l'intrépide et savant fondateur de la Spéléologie, M. Martel, a rendu célèbre; Padirac, avec son cours d'eau sur lequel on navigue en bateau sur près d'un kilomètre, à 100 mètres de la surface du sol; Padirac avec son immense grotte, véritable cathédrale de 90 mètres de hauteur, aux parois revêtues de draperies de calcaire, étincelant sous les flots de la lumière électrique!

Les grottes de Lacave, explorées par M. Viré, et d'un très grand intérêt, font l'objet d'une étude minutieuse de l'auteur, ainsi que les avens, et certains sites pittoresques des Causses (Rocamadour, etc.).

Le chapitre « Archéologie » est présenté avec non moins de talent par l'auteur.

Dans son ensemble, l'ouvrage est conçu comme ses devanciers. La librairie Masson a soigné l'impression de tous ces guides, qui sont de vrais bijoux; mais il faut mentionner d'une façon particulière les reproductions photographiques du Lot, en tous points remarquables, ce qui ne peut que contribuer au succès du livre.

PH. GLANGEAUD,
Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

Jumelle (Henri), *Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.* — **Les Ressources agricoles et forestières des Colonies françaises.** — 1 *vol. in-8° jésus de 412 pages. Barlatier, éditeur. Marseille*, 1908.

Voici de nouveau un livre, et l'un des meilleurs, publié à l'occasion de l'Exposition de Marseille. Comme l'indique le titre, l'auteur y traite de toutes les plantes indigènes ou cultivées dans nos colonies qui fournissent des matières utilisables pour l'alimentation ou l'industrie. C'est une synthèse admirable de cette belle Exposition, qui elle-même constituait un inventaire apparent de nos ressources coloniales, et il fallait l'érudition bien connue de M. Jumelle pour entreprendre un semblable ouvrage, car il constitue sans conteste la plus sérieuse documentation d'ensemble que notre littérature coloniale possède. Analyser un tel livre est impossible, car il ne comporte qu'une suite ininterrompue de renseignements concernant chacune de nos possessions d'outre-mer.

Pour celui qui a visité avec soin l'admirable leçon de choses de Marseille, où la documentation économique était si complète, la lecture de ce livre est particulièrement attrayante; et pour tous ceux qui s'intéressent au développement économique de nos colonies, cet ouvrage est indispensable. Comme il fallait s'y attendre, l'auteur, en raison de ses travaux si généralement connus et appréciés, s'est particulièrement étendu sur tout ce qui concerne Madagascar, et ceci est vraiment appréciable, car nous avons eu l'occasion, dans cette *Revue*, de critiquer la méthode qui avait présidé à l'organisation de cette Exposition spéciale.

Grâce à M. Jumelle, l'abondante documentation qu'abritait le pavillon réservé à notre grande possession insulaire de l'océan Indien est, comme il convient, mise en valeur et à la grande satisfaction de tous; c'est qu'en effet, aidé de son dévoué et remarquable correspondant, M. Perrier de la Bathie, ce savant consacre tous ses efforts à l'étude de la flore de ce pays et nul ne pouvait traiter avec plus de compétence un pareil sujet. On trouvera également dans ce livre une note complémentaire sur l'exploitation des plantes à caoutchouc dans l'extrême sud de Madagascar et une heureuse critique de la carte de cette île que l'éditeur annexa au volume.

Nous ne regrettons qu'une chose : c'est que M. Jumelle n'ait pas cru devoir donner, à la fin du volume, une table alphabétique des noms indigènes des végétaux cités, avec leur équivalence botanique; ces noms, que nous avons relevés pour la plupart, atteignent environ le chiffre de deux cents, et cette liste eût été de la plus grande utilité pour ceux qui s'occupent d'économie agricole et forestière coloniale.

EM. PERROT,
Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie.

4° Sciences médicales

Rouchy, *Professeur à l'Université de Poitiers, Chef de Laboratoire au Service d'assainissement de la Seine.* — **Les Eaux d'égout de Paris. Leur traitement par la méthode de l'épandage sur sol naturel, par la méthode biologique des lits de contact, par colonne épuratrice.** — 1 *vol. de 196 pages, avec 13 figures. Jules Rousset, éditeur. Paris*, 1907.

La loi du 15 février 1902 sur l'organisation sanitaire en France n'assure pas de façon efficace la protection de la nappe d'eau souterraine, des sources et des fleuves. Il serait nécessaire que chaque ville, chaque agglomération, fût tenue à épurer ses eaux usées.

Dans ce très intéressant ouvrage, M. Rouchy étudie de façon très rigoureuse la question de l'épuration des eaux de Paris, telle qu'elle est pratiquée, et telle qu'elle pourrait l'être.

Les eaux d'égout de Paris, épurées sur les champs d'épandage d'Achères et de Gennevilliers, sont admirablement purifiées; elles en sortent plus pures, au point de vue chimique et microbien, que les eaux de la Seine, dans laquelle on les déverse : les microbes qui les peuplaient sont retenus par adhésion capillaire sur le sable filtrant des terrains d'épandage; là, ils se nourrissent aux dépens des matières putrescibles des eaux et les transforment en produits minéraux. C'est une épuration mécanico-biologique.

Les procédés biologiques, employés depuis plusieurs années en Angleterre, cherchent à utiliser ces actions microbiennes sur des surfaces très réduites de sol artificiel. L'épuration y est réalisée en deux temps : dans une première phase, anaérobique, on laisse l'eau d'égout dans une fosse pendant vingt-quatre heures pour provoquer la solubilisation des matières organiques : c'est la fosse septique, le septic-tank anglais; — dans une seconde phase, aérobique, on fait passer l'eau dans trois bassins remplis de mâchefer, et on l'y laisse séjourner, dans chaque bassin, deux heures : ce sont les lits de contact, dans lesquels se fait la minéralisation des matières organiques.

En appliquant cette méthode aux eaux d'égout de Paris, l'auteur de cet ouvrage a constaté que les fermentations de la fosse septique sont peu actives, que la gazéification y est à peu près nulle et qu'il n'y a aucune élévation de température. Pour ces eaux, le septic-tank se comporte comme un simple bassin de sédimentation : la cause de cette particularité serait due, d'après M. Rouchy : 1° à la nature des boues, formées, pour une portion importante, de sable, de fibres de bois et de papier; 2° au repos dans lequel on cherche à maintenir ces boues; 3° à l'absence d'oxygène dans la fosse. Il est à supposer, en effet, que la décomposition des excreta doit s'accomplir dans les mêmes conditions que celle des cadavres; car on sait que ceux-ci sont détruits d'autant plus rapidement qu'ils sont plus largement exposés au contact de l'air.

Digitized by Google

L'épuration se ramènerait essentiellement à une oxydation.

Cette conception expliquerait les mauvais résultats donnés par les lits bactériens, dans lesquels l'aération ne peut se faire qu'à la surface. En fait, l'eau qui sort des lits bactériens est opalescente; l'ammoniaque n'y est jamais complètement nitrifiée; l'épuration en est d'ailleurs toujours irrégulière, et les bactéries y peuvent être extrêmement nombreuses, car les alternatives de remplissage et de vidange troublent l'équilibre de la masse filtrante de mâchefer.

Les études poursuivies par M. Rouchy l'ont conduit à proposer l'emploi d'une *colonne épuratrice* éminemment simple et pratique, ne présentant pas les inconvénients des lits de contact. — « Elle est constituée, dit-il, par des scories du volume d'un noyau de cerise, qui sont enfermées dans un cylindre de toile métallique, le tout reposant sur un bassin de tôle galvanisée, percé d'une ouverture latérale par laquelle l'eau s'écoule après épuration. Ce cylindre mesure 1m,80 de hauteur et 0m,75 de diamètre; une couche de sable de 5 centimètres d'épaisseur est disposée à la surface supérieure des scories; elle empêche le colmatage qui pourrait se former et aide à la distribution uniforme de l'eau.

« L'eau d'égout à épurer est introduite dans un tonneau, d'où elle s'écoule *continuellement* avec un *débit uniforme*, réglé à l'aide d'un robinet, dans une sorte de godet en zinc. Celui-ci est percé sur ses faces latérales de huit ouvertures de 1 centimètre de diamètre dans chacune desquelles s'engage, avec une légère pente, une gouttière par laquelle l'eau se distribue *uniformément* et *très régulièrement* à la surface du sable sur huit points également espacés les uns des autres. Cette distribution est faite par égouttement et non par déversement, comme on la fait dans les lits de contact. »

La surface d'aération n'est plus limitée ici à la partie supérieure; l'air se renouvelle aussi incessamment par les faces latérales.

Avec un tel appareil, l'eau d'égout est épurée totalement et uniformément; elle sort de l'appareil claire et limpide, et a pu être utilisée au lavage du linge. Le débit de l'eau étant toujours le même, l'équilibre du filtre n'est pas rompu, et les microbes de l'eau sont facilement retenus à la surface des scories.

L'épuration est ici mécanico-biologique, comme dans l'épandage; mais, alors que le pouvoir épurateur du sol est limité, à Achères, à 11 litres par jour et par mètre carré superficiel, l'auteur épure avec son appareil, sur une même surface et pendant le même temps, 400 litres d'eau d'égout.

Pratique, assurément, pour une petite installation, cette colonne épuratrice donnerait-elle les mêmes résultats favorables appliquée à l'assainissement d'une grande ville? Rien, *à priori*, ne permet d'en douter. Des expériences destinées à connaître le rendement de ces appareils, appliqués sur une grande échelle, mériteraient assurément d'être entreprises, étant données les difficultés pratiques de la généralisation de l'épandage.

MAURICE ARTHUS,
Professeur de Physiologie à l'Université de Lausanne.

5° Sciences diverses

Lichtenberger (Henri), *Maître de Conférences à la Sorbonne.* — **L'Allemagne moderne, son évolution.** — 1 *vol. in*-16 *de* 399 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Ernest Flammarion, éditeur. Paris*, 1907.

En travaillant avec une incomparable énergie à la conquête de la puissance économique et de la puissance politique, l'Allemagne est devenue, avec l'Angleterre et les Etats-Unis, une des nations les plus expansives du monde. La science allemande s'est efforcée, depuis quelques années surtout, dans de nombreuses publications individuelles ou collectives, de dresser le bilan du siècle écoulé. M. H. Lichtenberger, bien préparé par ses études antérieures, nous présente aujourd'hui, sous une forme aussi simplifiée que possible, quelques-uns des résultats généraux de cette vaste enquête. Sa synthèse, basée sur les ouvrages de Lamprecht, Stockhausen, Chamberlain, Sombart, etc., retrace, d'une façon très claire et très vivante, l'évolution politique, religieuse et artistique d'un pays que nous avons le plus grand intérêt à connaître. L'évolution économique et sociale n'occupe qu'une place restreinte, qui n'est pas en rapport avec son importance comparée; mais l'auteur avait à cela une excuse : ces questions nous étaient déjà familières, grâce aux excellents ouvrages de M. Georges Blondel et de M. Andler. Les considérations exposées à ce point de vue n'en sont pas moins remarquables. M. Lichtenberger a très bien mis en relief les causes et les conséquences du capitalisme, qui a trouvé en Allemagne un terrain exceptionnellement favorable. Nous avons eu l'occasion de montrer nous-même, dans la *Revue*, les résultats commerciaux par lesquels se traduit cette intense poussée économique. C'est qu'à côté d'autres facteurs, qui se retrouvent dans la plupart des Etats industriels, « les excédents annuels de population ont fourni à l'Allemagne l'armée de travailleurs dont l'industrie a besoin pour pouvoir se développer. Et, dans les classes aisées de la population, l'esprit d'entreprise s'est largement étendu. Le père de famille allemand n'a pas l'ambition, comme chez nous, de léguer à ses enfants une situation toute faite et des rentes assurées. Il lui donne une forte éducation, l'équipe solidement pour le combat de la vie, puis lui laisse le soin de se faire sa place au soleil. Sous peine de déchoir, de tomber au-dessous du niveau qu'ont atteint ses parents, il faut que le jeune homme peine et s'évertue. Ainsi, la fécondité de la race a été pour l'Allemagne un stimulant des plus énergiques dans son élan vers la richesse et le pouvoir ».

Le régime de la libre concurrence, en instituant la guerre de chacun contre tous, en stimulant ainsi au plus haut point l'égoïsme individuel, renferme incontestablement en lui-même un principe anarchique et dissolvant, qui s'est fait jour dans les autres pays industriels et principalement dans les pays latins. Or, c'est un fait très remarquable que le développement du régime capitaliste en Allemagne n'a pas entraîné de conséquences de ce genre, ou mieux les a réduites à leur minimum d'expression. La lutte des classes existe bien, mais quelle différence de mentalité entre les socialistes allemands et les nôtres! Le parti réformiste, qui tend de plus en plus à prévaloir, condamne sans réserve tout appel à la violence. D'ailleurs, « l'Allemagne, terre classique des cartells, des grandes associations patronales et ouvrières, est certainement aussi l'un des pays où l'on a le plus fait pour régulariser la production, pour instituer un contrôle sur le marché des échanges, pour limiter, par conséquent, la concurrence, pour restreindre la fréquence des crises et en diminuer l'acuité ». Et puis, la démocratie allemande ne va-t-elle pas jusqu'à accepter volontiers de partager le pouvoir avec un chef suprême qu'elle ne se donne pas, mais qui lui est donné par la tradition! Les causes en sont dans cet instinct de la discipline, dans ce sens de la hiérarchie, dans cette « conception solidariste de la vie » qui est restée, jusqu'ici, exclusivement nationale. L'aboutissement en est dans cet impérialisme pangermanique, « si robuste et si combatif, si confiant dans sa force et dans son étoile, si énergique dans ses entreprises, si vigilant aussi et si enclin à prendre l'alarme, si prompt parfois à la menace, et qui est assurément pour les autres peuples un exemple et un avertissement ». L'évolution en est là; toute prévision est, à l'heure actuelle, encore incertaine.

PIERRE CLERGET,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 Janvier 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. A. Buhl** établit directement, dans le champ réel, une formule de sommabilité très générale concernant les séries de Fourier. — **M. A. Denjoy** présente ses recherches sur le choix de l'exposant de convergence pour les fonctions entières de genre infini. — **MM. Eug.** et **F. Cosserat** poursuivent l'exposé de leurs conceptions sur la statique de la surface déformable et la dynamique de la ligne déformable. — **M. Ch. Lallemand**, vu le degré d'exactitude pratiquement susceptible d'être atteint par les nivellements, montre que leur répétition ne permet guère de déceler avec certitude l'existence de mouvements généraux d'affaissement ou d'exhaussement du sol inférieurs à 1 décimètre. Pour pouvoir fixer le degré de stabilité de son sol, chaque pays devrait, deux ou trois fois par siècle, réitérer son nivellement fondamental. — **M. Morize** a observé le passage de Mercure sur le Soleil à l'Observatoire de Rio-de-Janeiro. — **M. Fr. Faccin** a observé le même passage à Schio (Italie).

2° Sciences physiques. — **MM. H. Le Chatelier** et et **S. Wologdine** ont reconnu que tous les graphites, naturels ou artificiels, donnent, après purification complète, une densité identique, égale à 2,255 (eau à 4°, graphite à 15°). Le graphite foisonnant présente, avant ou après foisonnement, la même densité que le graphite ordinaire. — **M. Alb. Colson** a étudié la transformation des dissolutions de phosphore blanc en phosphore rouge. L'élévation de température accélère la transformation, la présence du solvant la retarde. Le P rouge déposé est toujours amorphe. — **M. L. Guillet** a constaté que les fontes au Mn renferment du fer γ lorsque le °/₀ en Mn est suffisamment important; mais on observe aussi un carbure qui est d'autant plus important que la teneur en Mn est plus élevée. — **M. Bouzat** a obtenu le corps $SO^4Cu^2.AzH^3$ en précipitant par l'alcool une solution d'oxyde cuivreux et de sulfate d'ammonium dans l'ammoniaque aqueuse. — **M. G. Blanc** a réalisé la synthèse de la β-campholène-lactone en traitant un éther de l'acide diméthyl-3:3-cyclopentanone-2-acétique-1 par CH^3MgI, acidulant, saponifiant et acidulant à nouveau. — **MM. L. Bouveault** et **R. Locquin**, en cyclisant les éthers α-alkyladipiques par l'amidure de Na, ont obtenu des éthers cyclopentanone-carboniques substitués. — **MM. Ch. Moureu** et **A. Valeur** montrent que l'isospartéine dérive de la spartéine par transformation d'un noyau pipéridique en noyau pyrrolidique. — **M. J. Thoulet** montre que la diminution de salure de l'eau de mer filtrée à travers du sable, très faible en soi, se borne aux premières portions et se réduit au phénomène de la fixation, par attraction moléculaire, des sels dissous dans un liquide au contact d'un corps solide quelconque chimiquement inerte. — **MM. A. Muntz** et **E. Lainé** ont employé des colonnes de tourbe à l'épuration des eaux d'égout. Jusqu'à une dose de 3.000 litres par mètre carré et par vingt-quatre heures, l'épuration a été parfaite. L'Az ammoniacal est tombé à 0, l'Az organique a diminué de 85 °/₀ et la matière organique totale a diminué de 91 °/₀.

3° Sciences naturelles. — **MM. A. Desgrez** et **J. Chevalier** ont reconnu que la choline, en injection intraveineuse, produit un fort abaissement de pression artérielle, de courte durée, suivi d'un abaissement plus faible, mais plus prolongé. La choline est un antagoniste de l'adrénaline. — **MM. J. Chevalier** et **J. Alquier** ont observé que, sous la seule influence de la noix de kola fraîche, le travail produit dans l'unité de temps par le cheval, fatigué ou non, augmente ; mais ce surcroît de travail se produit uniquement aux dépens des réserves de l'organisme. — **M. F. X. Lesbre** et **F. Maignon** montrent que le seul nerf moteur des muscles sterno-mastoïdien, cléido-mastoïdien et trapèze est la branche externe du spinal ; les rameaux rachidiens sont leurs nerfs sensitifs. — **M. F. Vlès** estime que l'existence d'une biréfringence des cils vibratiles est très douteuse et qu'il y a simplement une dépolarisation partielle par réfraction ou réflexion. — **M. Ed. de Ribaucourt** a observé un Oursin adulte à symétrie hexamère et signale plusieurs cas analogues ; cette monstruosité ne paraît pas très rare. — **MM. E. Kayser** et **E. Manceau** ont constaté que certains micro-organismes aérobies jouent un rôle important dans la maladie de la graisse des vins : ce sont un bacille, deux *Coccus* et une sarcine.

Séance du 20 Janvier 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Schlesinger** présente ses recherches sur un système différentiel du second degré, dont le problème de Fuchs fournit l'intégrale générale. — **M. E. Esclangon** indique quelques propriétés des solutions périodiques de certaines équations fonctionnelles. — **M. H. Farman** décrit un nouvel aéroplane cellulaire avec lequel il a pu récemment franchir une distance horizontale de 1.500 mètres sans toucher terre. — **M. L. Bréguet** a étudié les conditions de maximum du rendement des hélices de propulsion dans l'air et a reconnu qu'on peut faire pour les aéroplanes des hélices dont les rendements resteront supérieurs à 0,65. — **M. G. Bigourdan** indique les principaux centres de tremblements de terre du sol de la France : Alpes, Pyrénées, Bretagne, Jura, Vosges, région de Douai, et la nécessité d'établir des stations sismiques nouvelles, par exemple à Abbadia, Perpignan, Marseille, Nice, Besançon, Rennes et Lille.

2° Sciences physiques. — **M. A. Dufour**, en étudiant le phénomène de Zeeman sur le fluorure de calcium pur vaporisé, a constaté que le sens des vibrations circulaires émises ne s'accorde pas avec l'hypothèse de l'existence d'électrons positifs. — **M. J. Duclaux** : Méthode calorimétrique appliquée à l'étude des réactions lentes (v. p. 81). — **M. Woltereck**, à propos d'une note récente de MM. Brunel et Woog, rappelle qu'il a montré, il y a quelques années, que de petites quantités d'AzH^3 prennent naissance aux dépens de ses éléments dans les oxydations en présence de vapeur d'eau si la température ne dépasse pas 700°. — **M. J. B. Senderens** a reconnu que la silice précipitée du silicate de sodium et l'alumine, modérément calcinées, sont vis-à-vis des alcools des catalyseurs déshydratants, donnant des carbures éthyléniques purs. Si la calcination est forte et prolongée, ils tendent à devenir des catalyseurs déshydrogénants. — **M. E. Rengade** a mesuré les chaleurs de dissolution des métaux alcalins au moyen de la bombe calorimétrique : Na = 44,1 ; K = 46,4 ; Rb = 47,25 ; Cs = 48,45 cal. On en déduit pour les chaleurs d'oxydation : $Na^2 = 100,7$; $K^2 = 86,8$; $Rb^2 = 83,5$; $Cs^2 = 82,7$. — **MM. G. Urbain** et **G. Jantsch** ont préparé le peroxyde de terbium Tb^4O^7 par calcination des sels de terbium dont l'acide peut être éliminé par la chaleur, puis divers sels de terbium et de dysprosium. — **M. B. Szilard** a constaté qu'il est très facile de concentrer le polonium (radium F) par voie chimique, et que la même opération est

Digitized by Google

beaucoup plus difficile pour le radium D, extrait également du radio-plomb. — M. I. Bay a rendu quantitative la réaction de Liebermann pour la recherche de CS^2 dans les benzènes. — M. M. Guerbet indique un procédé de transformation des α-oxyacides en aldéhydes par ébullition de la solution aqueuse de leurs sels mercuriques. — M. J. Lavaux a reconnu qu'un mélange de 2 : 7 et de 1 : 6-diméthylanthracènes se forme dans les réactions suivantes : CH^2Cl^2, $CHCl^3$ ou $C^2H^4Br^4$ sur le toluène, $AlCl^3$, $C^6H^5CH^2Cl$ sur le toluène, $AlCl^3$ sur le chlorure de xylyle. — MM. L. Bouveault et R. Locquin ont préparé un grand nombre de dérivés des adipates de méthyle et d'éthyle, qui, cyclisés par l'amidure de Na, se transforment en dérivés correspondants de la cyclopentanone. — M. J. Bougault, en soumettant l'acide phénylisocrotonique $C^6H^5CH : CH.CH^2CO^2H$ à l'action de l'iode en solution aqueuse diluée et en présence d'un grand excès de Na^2CO^3, a obtenu l'acide benzoylacrylique $C^6H^5CO.CH : CH.CO^2H$. — M. J. Wolff a constaté que certains sels minéraux, à l'état de traces, peuvent jouer le rôle de peroxydases : ainsi le sulfate ferreux, agissant sur une solution vieillie de teinture de gaïac.

3° Sciences naturelles. — M. S. Arloing a observé que les formes géantes, ramifiées et renflées, du bacille de Koch peuvent se rencontrer dans des cultures du bacille des Mammifères sous l'influence de l'élévation de la température et de l'augmentation de la pression. — M. H. Vallée montre que, mieux que le procédé de l'inoculation d'une double dose de tuberculine, suivi du relevé hâtif des températures, l'oculo-réaction paraît apte à déjouer la fraude dans les ventes ou importations d'animaux tuberculeux. — MM. H. Soulié et G. Roig ont observé, sur les bovins des environs d'Alger, une piroplasmose dont l'agent peut se présenter sous trois types : piriforme, bacilliforme et annulaire. — M. A. Gaudry signale les conclusions d'un travail de MM. M. de Rothschild et H. Neuville sur une dent trouvée à Addis-Abeba, qui paraît provenir d'un grand mammifère africain inconnu, existant encore ou récemment éteint. — M. Ch. Gravier décrit un type nouveau d'Annélide polychète, de la famille des Sabellariens, qu'il nomme *Cryptopomatus*.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 Janvier 1908.

L'Académie procède à l'élection de deux Correspondants nationaux dans la Divison de Médecine vétérinaire. MM. Labat et Piot sont élus.

M. X. Delorme, à propos d'une communication récente de M. Calmette, déconseille l'emploi de l'ophtalmo-réaction à la tuberculine pour le diagnostic des tuberculoses pulmonaires au début chez le jeune soldat. Elle expose souvent à des erreurs d'interprétation et n'est pas sans danger au point de vue local. — MM. J. Thoinot et Lacassagne, à propos d'une affaire récente, montrent que l'expertise médico-légale ou criminelle, telle qu'elle est réglée par les lois et décrets en vigueur actuellement, ne présente aucune des garanties désirables. Des experts, on n'exige que le diplôme de docteur, sans aucune autre condition scientifique, ce qui est absolument insuffisant. M. A. Pinard s'associe entièrement à ces conclusions. — MM. A. Chantemesse et F. Borel discutent la situation actuelle de l'Europe, de la France en particulier, vis-à-vis du choléra. Le choléra, d'importation indienne, règne actuellement à La Mecque et menace de se répandre dans les pays voisins au retour des pèlerins; le danger augmentera quand sera terminé le chemin de fer du Hedjaz. Il importe donc de surveiller plus que jamais, sur la voie de terre et sur la voie de mer, la circulation du pèlerin et de l'émigrant.

Séance du 28 Janvier 1908.

M. le Président annonce le décès du Dr Sirus-Pirondi, Associé national.

M. L. Fournier présente un Rapport sur un travail de MM. L. Wickham et Degrais relatif au traitement des nævi vasculaires par le radium. Les auteurs apportent plusieurs cas de résorption et de destruction complète de nævi vasculaires (taches de vin) par le radium, sans aucune cicatrice, avec à peine une légère décoloration tégumentaire. Ce résultat merveilleux est obtenu par l'application, à la surface des tissus à modifier, d'un disque plat contenant le sel de radium incorporé à un vernis. — A la suite des observations présentées précédemment par MM. Lacassagne, Thoinot et Pinard, l'Académie adopte à l'unanimité le vœu que des dispositions soient introduites au plus tôt dans la législation pour donner toutes garanties de la compétence des experts au criminel et toutes garanties au corps médical dans les questions de responsabilité médicale. — M. J. Boeckel signale un cas d'extirpation d'un fibrome utérin pesant 11 kilogs, ayant provoqué la compression des uretères avec albumine, puis le déplacement notable du côlon transverse, sa compression, la formation d'adhérences et de coudes qui ont entraîné peu à peu l'occlusion intestinale. Cette dernière a été traitée par la laparotomie et la colopexie. — M. le Dr Béclère lit un travail sur l'exploration radiologique appliquée au diagnostic et à la localisation des abcès dysentériques du foie.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 11 Janvier 1908.

M. J. Chevalier a extrait du suc du gui deux saponines, l'une acide et l'autre neutre, caractérisées par leur pouvoir hypotenseur, et un alcaloïde qui paraît avoir une action antagoniste. — M. Ed. Retterer montre que les premières trabécules de substance fondamentale du cartilage embryonnaire sont élaborées par le protoplasma chromophile du syncytium cellulaire qui représente l'ébauche cartilagineuse. — M. L. Lapicque présente un orthorhéonome à volant, permettant d'avoir une onde électrique bien déterminée, à croissance et décroissance linéaire, avec ou sans plateau, la durée de chacune des phases ainsi que l'ordonnée maximale étant réglables à volonté. — M. Ch. Lesieur a reconnu que la toxicité des différents tabacs est proportionnelle à leur teneur en nicotine; un tabac vraiment dénicotinisé ne paraît pas nocif. — MM. Bonnamour et Claret ont constaté que la compression de l'azygos joue le principal rôle dans la production de certains épanchements pleuraux mécaniques, mais d'autres facteurs entrent en cause pour expliquer leur persistance. — M. A. Gascard a étudié l'urine dans un cas d'albumosurie de Bence-Jones; elle ne précipite pas par $MgSO^4$ à saturation, mais bien par le sulfate d'ammonium. — M. L. Grimbert a étudié un cas analogue; pour lui, il n'y a pas d'albumine ou d'albumose de Bence-Jones, mais une réaction de Bence-Jones applicable à des substances albuminoïdes différentes. — M. H. Roger a observé que l'adjonction d'œufs crus ou cuits favorise la digestion des aliments amylacés et même celle des aliments azotés comme le pain. — MM. Ch. Achard et E. Feuillié ont étudié l'activité des leucocytes vis-à-vis de particules inertes, comme une fine suspension d'encre de Chine. Elle est généralement faible, mais augmente dans certaines affections. — M. L. Azoulay décrit deux procédés faciles pour la détermination instantanée de la couleur des spores des Champignons. — MM. F. X. Lesbre et F. Maignon ont reconnu que l'innervation motrice du crico-thyroïdien, comme celle des autres muscles intrinsèques du larynx, provient exclusivement de la XIe paire; le pneumogastrique n'y a aucune part. — MM L. Petit et J. Minet ont constaté que la voie rectale se prête parfaitement à l'absorption de l'albumine en nature; elle peut être utilisée pour l'obtention d'anticorps ou de sérums précipitant les substances albuminoïdes absorbables. — M. G. Fornario a réalisé la vaccination contre la peste, en injectant par voie gas-

Digitized by Google

trique ou par voie rectale des cultures virulentes ou atténuées. — **M. Weinberg** estime que, dans l'ankylostomiase, on se trouve en présence d'une intoxication chronique de l'organisme par les substances toxiques sécrétées par les Helminthes. - **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** montrent qu'il n'y a, entre les sérums et les liquides spécifiques et normaux, que des différences quantitatives et non qualitatives, la réaction de Wassermann étant provoquée par des principes d'origine histogène et non bactérienne. — **MM. L. Nattan-Larrier** et **C. Levaditi** ont étudié un cas de pian sur un blanc ; cette affection paraît être une variété atténuée de la syphilis. — **MM. R. Lépine** et **Boulud** ont constaté que, chez le chien à jeun, l'excès de sucre dans le sang carotidien est la règle, après injection de phloridzine ou d'invertine ou inhalation de chloroforme. — **M. L Launoy** déduit de l'étude de l'autolyse du foie que les premières altérations cellulaires n'apparaissent qu'après une période d'état stationnaire assez longue ; la dégénérescence cellulaire débute brusquement et se poursuit rapidement. — **M. Ed. Chatton** a étudié la reproduction et les affinités du *Blastulidium pædophtorum*, parasite des œufs et embryons de *Daphnia obtusa*.

Séance du 18 Janvier 1908.

M. N. H. Swellengrebel confirme l'origine nucléaire des granules de volutine des Trypanosomes ; ce sont, en somme, des chromidies. — **M. J. Cluzet** a étudié l'excitation des nerfs au moyen d'ondes électriques de longue durée ; la loi de Weiss est encore valable dans ce cas et paraît absolument générale. — **M. L. Tixier** décrit un cas d'ictère d'origine hémolytique, avec résistance des hématies déplasmatisées sensiblement normale. — **M. Ed. Retterer** a constaté que le cartilage diarthrodial de l'adulte reproduit, en miniature, les diverses zones des épiphyses embryonnaires. — **MM. M. Breton** et **L. Massol** ont reconnu que, chez le cobaye adulte, l'absorption de venin de cobra s'effectue par la muqueuse du gros intestin avec une rapidité plus grande que par la voie sous-cutanée ; celle de l'antitoxine est, par contre, beaucoup plus restreinte. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** montrent que la longueur de la période d'incubation de la syphilis s'explique par les difficultés que rencontrent les tréponèmes à s'acclimater à de nouvelles conditions de vie et de nutrition. — **MM. F. X. Lesbre** et **F. Maignon** ont constaté que l'excitation électrique de l'un des nerfs récurrents produit sur le larynx des effets : constricteurs et unilatéraux chez les solipèdes ; constricteurs et bilatéraux chez le bœuf et le porc ; constricteurs et bilatéraux, ou dilatateurs et unilatéraux chez le chien. — **MM. J. Castaigne** et **F. Rathery** décrivent les lésions du tube contourné du rein dans l'intoxication aiguë expérimentale par le sublimé ; elles consistent dans une cytolyse cellulaire et une homogénéisation et fragmentation du protoplasma. — **M. Ch. André** rappelle qu'après ablation du foie chez la grenouille, les lésions du rein sont limitées aux tubes contournés et le fonctionnement excréteur des cellules n'est pas supprimé. — **MM. M. Doyon** et **Cl. Gautier** démontrent que le sang recueilli aux approches de la mort après la ligature des artères du foie, additionné ou non de sérum normal, contient toujours moins de fibrine que le sang recueilli avant l'anémie de l'organe. — **MM. A. Mayer** et **F. Rathery** signalent un cas d'albuminurie « acéto-soluble » chez une malade en état de rétention chlorurée ; cette albumine paraît se rapprocher de l'albumine dialysée. — **M. H. Roger** montre que, dans la cavité buccale, les aliments augmentent le pouvoir saccharifiant de la salive ; dans l'intestin, même digérés, les aliments semblent sans action sur le ferment pancréatique. — **M. G. Stodel** a préparé par voie électrique du mercure colloïdal en utilisant la méthode de V. Henri pour la préparation de l'or et de l'argent colloïdaux. — **MM. J. Galup** et **G. Stodel** ont employé avec succès le mercure colloïdal en injections intramusculaires dans le traitement de la syphilis ; il est actif à faibles doses et sans danger d'intoxication. — **MM. H. Claude** et **J. Lhermitte** ont employé le mercure colloïdal en injections dans le traitement de la syphilis cérébro-spinale ; le résultat a été nul ou faible, satisfaisant dans un seul cas. — **M. G. Rebière** décrit un procédé de dosage cyanimétrique du palladium colloïdal. — **MM. Ch. Achard** et **E. Feuillié** ont étudié la résistance et l'activité des leucocytes dans divers épanchements pathologiques. — **M. E. Thiercelin** a réussi à cultiver l'entérocoque sur placenta humain. Il lui paraît que, dans certains cas, le microbe de l'infection puerpérale est l'entérocoque.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 2 Janvier 1908.

M. J. Athanasiu présente un ergographe double à bille, dans lequel le poids cesse d'agir sur le muscle à la fin de la course. — **MM. V. Babes** et **E. Stefanesco** ont reconnu que les lésions rabiques sont plus précoces, plus constantes et plus faciles à mettre en évidence que les corpuscules de Negri ; les parasites actifs de la rage siègent dans les cellules atteintes les premières. — **M. V. Babes** a observé une localisation régulière de la graisse dans la capsule surrénale de l'homme ; quand la capsule surrénale est riche en graisse, on y constate la présence de formations cristallines. — **M. S. Marbé** signale une diminution du nombre des hématies chez la femme pendant la période prémenstruelle, suivie d'une forte augmentation pendant la menstruation. — **MM. G. Marinesco** et **J. Minea** ont constaté qu'un certain nombre de cellules nerveuses des ganglions sensitifs conservent leur vitalité et leur pouvoir d'émettre des expansions jusqu'à deux heures après la mort. — **MM. G. Marinesco, Parhon** et **Goldstein** ont étudié le ganglion ciliaire par la méthode de Ramon y Cajal et concluent qu'il est de nature sympathique. — **MM. Al. Slatineano** et **D. Danielopol** ont reconnu qu'un traumatisme cérébral, chez le cobaye normal, rend, au bout de cinq à six jours, l'animal sensible à une injection de tuberculine.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 7 Janvier 1908.

M. R. Lautier décrit un nouveau procédé de cutiréaction à la tuberculine chez l'homme, qui consiste à appliquer pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures sur le bras une boulette de coton hydrophile, imbibée de deux à trois gouttes de tuberculine. — **M. L. Tribondeau** a constaté que, quatre ans après leur introduction dans des tubes scellés à la flamme, des cultures de bacilles d'Eberth, tuées par le formol, ont conservé à peu près intégralement la propriété d'être agglutinées par le sang des typhiques. — **M. C. Sauvageau** recommande les *Lyngbya* marins, traités par l'eau douce éthérée, comme matériaux d'étude spectroscopique de la dissolution de phycocyane. — Le même auteur a observé des Oscillariées rouges dans un aquarium du Laboratoire de Banyuls-sur-Mer ; cette coloration semble provenir d'une lumière atténuée. — **M. H. Peragallo** décrit les Diatomées d'un aquarium du Laboratoire de Banyuls-sur-Mer ; elles y vivent et s'y multiplient depuis cinq ans. — **M. L. Bocat** a étudié spectroscopiquement la macération dans l'eau douce éthérée de l'*Oscillatoria Cortiana* rouge ; le pigment est parent de la phycocyane et de la phycoérythrine, sans être identique. — **M. C. Sauvageau** conclut de ses recherches sur la coloration des Floridées que la théorie de l'adaptation chromatique complémentaire de M. Gaidukov est sans fondement. — **M. J. Kunstler** signale un trait d'amour maternel chez le râle des genêts, et de nouveaux faits de castration des lièvres par les lapins.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 Janvier 1908.

La Société procède au renouvellement de son Bureau, qui est ainsi constitué pour 1908 :

Président : **M. L. Maquenne**;
Vice-présidents : **MM. Pascalis**; **M. Hanriot**, **A. Haller** et **G. André**;
Secrétaire général : **M. A. Béhal**;
Vice-secrétaire : **M. G. Bertrand**;
Trésorier : **M. A. Petit.**

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 7 Novembre 1907.

MM. H. L. Callendar et **W. E. Dalby** décrivent un *procédé pour la mesure des températures dans le cylindre d'un moteur à gaz.* La difficulté des mesures directes provient du fait que, durant le cycle des opérations dans le cylindre, la température s'élève au-dessus du point de fusion du platine; en outre, la température variant très rapidement, tout appareil de mesure doit avoir une faible masse. Les auteurs emploient un fil de platine de 0.25 millimètre de diamètre et de 25 millimètres de longueur, en relation avec un compensateur de même diamètre et de 9 millimètres de longueur; la température est mesurée par le changement de résistance correspondant aux 16 millimètres moyens du fil de 25 millimètres. Le thermomètre de platine est abrité de la haute température par une soupape qui lui permet d'être exposé pendant une partie quelconque du cycle pour un intervalle de temps donné, et d'être entièrement protégé quand la soupape est fermée. Cette soupape est logée dans la tige de la soupape d'admission. L'avantage de cette position est que, comme toute la charge d'air et de gaz s'écoule dans le cylindre autour de la tige de la soupape d'admission, la température de la soupape et le thermomètre qu'elle renferme sont toujours en rapport intime. Des expériences ont permis de déterminer l'écart de température entre le thermomètre de platine et le fluide à mesurer et l'influence de la soupape. Des essais des auteurs, il résulte qu'à pleine charge la température s'élève à un point compris entre 2.000° et 2.500° quand le mélange est riche. — **M. A. Schuster** : *La variation diurne du magnétisme terrestre.* L'auteur a montré antérieurement que la variation diurne du magnétisme terrestre a son origine extérieurement à la surface de la Terre. Etudiant les variations diurne et semi-diurne séparément, il constate que chacune d'elles est causée par une oscillation de l'atmosphère de même nature que celle qui cause les changements diurnes de la pression barométrique. En admettant que la conductivité de l'air soit plus grande pendant le jour que pendant la nuit, on peut expliquer que la variation de douze heures du baromètre produit une périodicité appréciable de vingt-quatre heures dans la variation magnétique, tandis qu'il n'y a pas d'augmentation sensible dans la variation magnétique de douze heures due à la période de vingt-quatre heures du baromètre, ce qui concorde avec les faits. Il faut admettre la présence d'un agent ionisant puissant dans la couche supérieure de l'atmosphère. — **MM. F. Soddy** et **T. D. Mackenzie** ont étudié *la décharge électrique dans les gaz mono-atomiques.* L'hélium et l'argon, purifiés des traces de gaz communs par le calcium volatilisé, présentent peu d'inclination à conduire la décharge électrique, et la question s'est posée de savoir si les gaz mono-atomiques, à l'état parfaitement pur, ne sont pas non-conducteurs. De recherches très approfondies, les auteurs concluent que les gaz mono-atomiques conduisent de la même façon que les gaz ordinaires, mais sont relativement inertes électriquement aussi bien que chimiquement. Autrement dit, les différents stades de la décharge, depuis le vide qui produit les rayons X jusqu'à la décharge en rubans en présence de grandes quantités de gaz, se produisent, dans le cas de l'hélium, par exemple, à des pressions égales à 5-10 fois celles qui sont nécessaires pour produire le même stade de la décharge dans un gaz comme H ou Az. La dissipation des tubes à spectres remplis de gaz mono-atomiques sous l'influence de la décharge est due à l'absorption du gaz mono-atomique dans la pellicule d'aluminium volatilisée des électrodes. Les électrodes d'aluminium ayant fonctionné dans les gaz rares peuvent absorber He, Ar et Ne, et le dégager plus tard lors de nouvelles expériences. — **M. R. J. Strutt** a étudié un minéral trouvé à Ivitgut (Groenland) et qui dégage une forte quantité d'hélium. Ce minéral ne contient que la faible trace de radium qui se trouve dans toutes les roches et dans les minéraux, tandis qu'il renferme une forte proportion d'émanation du thorium. Ce fait vient à l'appui de l'hypothèse de l'auteur, d'après laquelle l'hélium est un produit de la radio-activité du thorium, mais non du radium.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 19 Décembre 1907.

MM. A. Senier et **P. C. Austin** ont réalisé la synthèse de la 7-bromo-$\left.\begin{matrix}\beta.\mathrm{Az}.\beta\\ \alpha.\mathrm{CH}.\alpha\end{matrix}\right|$-dinaphtacridine par l'action de CH^2Cl^2 sur la 1-bromo-2-naphtylamine; la base fond à 215°,5; ses solutions sont fluorescentes. — **M. Ch. Ed. Groves** a préparé un carbonate de cobaltamine cramoisi, que l'acide nitro-chlorhydrique transforme en un composé bleu-noir. Un nitrate vert-bronze est obtenu par l'action du nitrate de cobalt sur AzH^3 en présence de persulfate d'ammonium; il est converti par HCl, à 70°, en un chlorure vert-bronze. Enfin, l'auteur a préparé un composé vert herbe. — **M. J. M. Spencer** et **Mlle E. M. Stokes**, en faisant réagir les halogénures d'aryle à chaud sur la poudre de Mg en l'absence d'éther, ont obtenu des composés R.Mg.X, qui sont décomposés par l'eau avec production d'hydrocarbures R.H. — **M. J. C. Irvine** et **Mlle A. M. Moodie** ont préparé la tétraméthylglucose-oxime, à l'état de mélange des formes α et β; ce n'est pas une oxime normale, le sucre ayant réagi sous sa forme γ-oxydique. Les tétraméthyl-chloro- et bromo-glucoses sont des sirops incristallisables, composés également de mélanges des formes α et β. — **M. J. Hubner**, pour distinguer le coton mercerisé du coton ordinaire, propose de tremper l'échantillon à examiner dans une solution de KI contenant I; après quelques secondes, on le retire et on le lave 5 ou 6 fois dans une solution de KI à 2 %. Après ce traitement, le coton mercerisé acquiert une couleur brun-noir, tandis que le coton ordinaire reste blanc. — **MM. F. M. Perkin** et **L. Pratt** ont reconnu que Ca métallique, laissé en contact trente à soixante minutes avec l'alcool méthylique ou éthylique, réagit vigoureusement d'après l'équation $2CH^3OH + Ca = Ca(CH^3O)^2 + H^2$. A chaud, la réaction est accélérée. — **M. T. V. Barker** a préparé le periodate de Rb et déterminé la densité et la solubilité des iodates et periodates alcalins. — **MM. N. V. Sidgwick** et **H. T. Tizard** ont étudié, au moyen du tintomètre de Donnan, la couleur des sels cupriques en solution. Tous les sels examinés ont la même teinte à des dilutions plus grandes que N/4. Les sels des acides faibles sont les plus colorés aux hautes concentrations. L'ionisation affecte l'intensité de la couleur, mais non la teinte. — **MM. S. Smiles** et **T. P. Hilditch** ont préparé quelques dérivés du S-phényl-phénazothionium. — **M. A. W. Gregory** décrit une méthode colorimétrique pour déterminer de faibles pourcentages de fer dans les alliages de cuivre; elle est basée sur la réaction colorée donnée par l'acide salicylique et le chlorure de fer. — **M. Z. Kahan** a étudié l'effet de la chaleur sur les iodures d'alkyle seuls ou en présence de métaux. L'iodure d'alkyle se dissocie en HI et un dérivé alkylénique ou alkylidénique; si ce

Digitized by Google

dernier est formé, il se convertit en dérivé éthylénique; le dérivé éthylénique est ensuite réduit par III. — MM. **E. Barrett** et **A. Lapworth** ont constaté que la présence d'acides ou d'alcalis exerce une action accélératrice sur la formation de l'acétoxime. — MM. **H. D. Low** et **F. M. Perkin** ont observé que le Ca placé en contact avec l'acétone réagit lentement avec dégagement de H et production d'oxyde de mésityle et de composés à point d'ébullition supérieur. La méthyléthylcétone réagit encore plus lentement avec formation d'H et de γ-méthyl-Δγ-heptène-ε-one. — M. **J. Moir** poursuit ses recherches sur la tétrabromodiphénoquinone de Magatti et étudie l'action des agents réducteurs sur ce composé. — MM. **N. T. M. Wilsmore** et **A. W. Stewart**, en faisant passer un fil de platine chauffé à blanc dans du crotonate d'éthyle, ont observé un dégagement d'éthylène, tandis que de l'acide crotonique cristallise par refroidissement. Les éthers-sels saturés, dans les mêmes conditions, dégagent un mélange de CO^2 et d'hydrocarbures : $CH^3.CO^2.C^2H^5 = CH^4 + CO^2 + C^2H^4$.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 Décembre 1907.

M. **C.-J.-D. Gair** décrit une modification de sa méthode de détermination du naphtalène dans le gaz d'éclairage, qui permet de l'employer gravimétriquement ou volumétriquement. — MM. **Ph. Schidrowitz** et **F. Kaye** ont constaté qu'un échantillon de latex du *Funtumia elastica*, additionné de formaldéhyde, s'était coagulé dans le voyage de l'Uganda à Londres, alors que l'aldéhyde formique agit comme anticoagulant sur le latex de l'*Hevea*. La coagulation par la formaldéhyde paraît augmenter la ténacité, mais diminue l'élasticité et la résilience. — M. **J. Lewkowitsch** a étudié la graisse extraite du *Lophira alata* par les indigènes : D = 0,9063 ; indice de saponification, 190,1 ; indice d'iode, 78,12; point de solidification des acides gras, 42°,5 C.

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 30 Octobre 1907.

M. **O. Quibell** présente une étude sur les substances employées pour baigner les moutons, afin de tuer leurs parasites et de les protéger contre l'infestation. Les meilleurs parasiticides paraissent être les bains arsenicaux (contenant un arsénite alcalin, du sulfure d'arsenic, avec du soufre et un peu d'acide arsénieux libre) et les bains à l'acide carbolique (mélangé avec des hydrocarbures lourds ou du savon). Tous deux favorisent ensuite beaucoup la croissance de la laine.

SECTION DE SYDNEY

Séance du 13 Novembre 1907.

M. **A.-M. Wright** a étudié les causes de cas de combustion spontanée observés sur des laines provenant de la Nouvelle-Zélande. Ces laines renferment une très grande proportion de graisses très oxydables (34,5 °/₀) et, comme la graisse est en couche mince sur une très grande surface, elle donne lieu à une réaction intense. — M. **T.-U. Walton** a trouvé, dans les tubes d'une chaudière de locomotive, du côté traversé par la flamme, un dépôt épais ressemblant à du charbon de cornue et contenant : hydrocarbures volatils, 2,98 °/₀; carbone, 88,89 °/₀; cendres, 8,13 °/₀.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 28 Octobre 1907.

MM. **A.-G. Green** et **P.-E. King** présentent leurs recherches sur la constitution des sels des phénolphtaléines et des quinolphtaléines. Ils concluent que l'apparition de la couleur dans ces dérivés est liée au changement tautomérique d'une forme lactonique benzénoïde en une forme carboxylique quinonoïde, en correspondance avec la théorie générale de Hantzsch.

Séance du 9 Décembre 1907.

MM. **W.-A. Bone** et **R.-V. Wheeler** présentent une forme perfectionnée d'appareil pour l'analyse des gaz.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 1er Novembre 1907.

M. **E. Lecher** rend compte de ses recherches au sujet des relations entre les chaleurs spécifiques et les températures. Les déterminations thermo-électriques jusqu'ici faites présentaient les inconvénients suivants : 1° Loin de déterminer directement la chaleur spécifique vraie correspondant à une température quelconque, on mesurait la chaleur spécifique moyenne entre une température élevée et celle de la salle; 2° En portant la substance en essai à des températures élevées (600 à 1000°), on ne tenait guère compte de la nécessité d'éviter les oxydations. Ces deux défauts sont évités dans la nouvelle méthode indiquée par l'auteur. Le fil à étudier se trouve à l'intérieur d'un tube en porcelaine, susceptible d'être chauffé au four électrique et où l'on fait le vide. Une petite thermo-pile communiquant avec un galvanomètre est attachée à un point quelconque du fil. Lorsque ce dernier est traversé pendant un certain temps par un courant alternatif donné, le galvanomètre subira une déviation d'autant plus grande que la résistance du fil sera plus grande et la chaleur spécifique plus petite. Les expériences préliminaires ont fait voir qu'un courant de dérivation minime pénétrant dans le galvanomètre n'exerce sur ce dernier aucun effet sensible. — MM. **U. Behn** et **H. Geiger** adressent un Mémoire relatif à une modification de la méthode de Kundt pour engendrer les figures acoustiques par ondes stationnaires et sur une nouvelle détermination du rapport des chaleurs spécifiques pour l'hélium. Après avoir essayé sans résultats satisfaisants de modifier les longueurs d'ondes au sein du gaz, en en faisant varier la température, les auteurs se sont adressés au procédé suivant : un tube en verre, rempli du gaz en essai et de la poudre nécessaire à la production des figures acoustiques, est arrondi sur ses deux extrémités par fusion uniforme. Ce tube, ayant été serré dans une pince, ne donne pas, en général, de figures acoustiques caractéristiques de ses vibrations sonores. Or, la fréquence du tube est modifiée très facilement par des charges attachées à ses deux bouts (en y scellant, par exemple, à la cire à cacheter, un nombre convenable de petits disques métalliques disposés symétriquement). Comme la fréquence du tube diffère suivant le nombre de ces disques, il est facile d'aller jusqu'à la moitié de la fréquence originale, tout en réalisant des sons forts et purs. Le rapport des chaleurs spécifiques dans l'hélium trouvé par cette méthode s'approche d'assez près de la valeur théorique. — M. **F. Deininger** rend compte de ses recherches relatives à la sortie d'ions négatifs de certains métaux et de l'oxyde de calcium incandescents. L'émission, par les fils métalliques, d'électrons négatifs, a été étudiée par M. Richardson[1], qui, dans le charbon incandescent, a observé les mêmes phénomènes caractéristiques que dans le platine incandescent. M. H. Wehnelt a fait voir ensuite que les fils de platine enduits de certains oxydes métalliques émettent, à l'état incandescent, des électrons bien plus nombreux que le platine ou le carbone purs; aussi cet expérimentateur attribue-t-il le pouvoir d'émission aux seuls oxydes métalliques, présents à l'état d'impuretés, même dans le cas du platine ou du carbone incandescents. Les expériences de l'auteur font voir, au contraire, que le platine, le carbone, le tantale et le nickel, à l'état incandescent, émettent des ions négatifs, qu'ils soient pourvus ou

[1] Voir la *Revue des Sciences*, t. XVIII, p. 382.

Digitized by Google

non d'un enduit d'oxyde de calcium, la relation entre la tension et l'intensité du courant étant analogue avec ou sans cet enduit. On obtient, dans tous les cas, des courants de saturation bien marqués. La formule de Richardson, qui exprime la relation entre la température du fil et le courant de saturation, se trouve être confirmée dans tous les cas. Les fils incandescents nus présentent de grandes différences relativement au nombre d'ions négatifs qu'ils émettent, tandis que les fils recouverts d'oxyde de calcium présentent des phénomènes parfaitement identiques au sujet de ces ions. Le nombre d'ions émis (déterminant le courant de saturation) pour un métal donné est bien plus grand dans le cas d'un enduit d'oxyde de calcium, ce dernier émettant à son tour les ions négatifs, indépendamment du métal, même si le nombre d'ions contenus dans l'unité de volume du métal est très considérable. Il résulte donc de ces expériences que l'émission d'ions négatifs dépend à un degré considérable de la nature de la surface métallique. — MM. **F. Kohlrausch** et **R. H. Weber** adressent une Note sur l'équivalent électrochimique et la température. La question de savoir si l'équivalent électrochimique est modifié par une influence quelconque est un des problèmes fondamentaux des Sciences physiques. Tandis qu'on peut affirmer dès maintenant que la densité du courant n'influe en rien sur ce facteur, la possibilité d'une influence due à la température a été jusqu'ici peu étudiée. Les expériences de lord Rayleigh et de Mme Sidgquick avaient fait voir un accroissement minime, mais en apparence réel, de cet équivalent, pour des températures croissantes. En vue du surcroît d'intérêt que cette question emprunte à la théorie électronique, les auteurs ont cru devoir la reprendre, en examinant le dégagement possible d'ions, au passage d'un courant électrique entre des parcours à températures inégales, dégagement qui prouverait l'existence d'une relation entre la température et l'équivalent électrochimique. Il résulte de leurs recherches que le coefficient de température, s'il existe, ne dépasserait guère l'ordre de 1/1.000.000. Ces expériences seront continuées.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 2 Janvier 1908.

1° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **W. Brandt** donne la description d'un photo-phonographe. Un faisceau de rayons est rendu convergent par une lentille; le foyer est en partie intercepté par une planchette en relation avec une membrane vibrante. Le faisceau est donc plus ou moins réduit suivant les vibrations sonores et parvient, soit directement, soit après passage à travers des lentilles, sur une pellicule qui se meut perpendiculairement à l'axe de la lentille. Pour reproduire la parole, on développe la pellicule et on la fait passer au foyer d'un faisceau de rayons. Les rayons transmis tombent sur une pile à sélénium, insérée dans un circuit qui contient un téléphone.

2° SCIENCES NATURELLES. — M. **V. Apfelbeck** présente la description de 14 nouvelles espèces de Coléoptères du Schar-Dagh, en Albanie.

Séance du 9 Janvier 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **A. Gmeiner** : Critères de la divergence et de la convergence des fractions continues infinies alternantes.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **F. W. Dafert** a étudié au point de vue chimique les gisements de salpêtre naturel de Santa-Clara (Chili) et conclut en faveur d'une origine maritime des dépôts de salpêtre chiliens, le salpêtre s'étant formé par voie électrochimique.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **K. Grobben** présente ses recherches sur la structure et la position systématique des Argulides. Pour lui, les Branchiures ne doivent plus être rattachés aux Copépodes, mais forment un ordre distinct de Crustacés. — M. **R. Wagner** a étudié la structure des ombelles du *Stephanotis floribunda*; elles paraissent toutes se ramener à un type, celui du pleiochasium.

Séance du 16 Janvier 1908.

SCIENCES NATURELLES. — M. **M. Holl** a étudié les sillons et les circonvolutions de la région pariéto-occipitale du cerveau des singes du Nouveau-Monde.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Décembre 1907.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — MM. **E. Millosevich** et **A. Di Legge** donnent communication de leurs observations du passage de Mercure sur le Soleil, des 13 et 14 novembre 1907. — M. **T. Levi-Civita** étudie le mouvement d'un liquide pesant entre deux plans parallèles, les bords d'un canal rectiligne à bords verticaux par exemple, et les ondes progressives de type permanent qui s'y forment. — M. **C. Somigliana** s'occupe de la théorie de Maxwell sur les actions à distance; se rapportant à une représentation mécanique, donnée déjà par lui, des champs de force, il en présente une extension à un cas qui n'a pas été considéré par Maxwell, celui dans lequel les forces du champ varient avec le temps. — M. **T. Boggio** donne la continuation de son travail sur l'intégration de l'équation fonctionnelle relative à la chute d'une sphère dans un liquide visqueux. — M. **O. Tedone** étudie une forme particulière des équations de l'équilibre élastique.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — MM. **A. Angeli** et **G. Marchetti** décrivent les expériences qu'ils ont exécutées sur les produits de condensation que l'on peut obtenir des indols et des pyrrols avec les éthers des acides carboxyliques, et qui se forment encore en présence d'alcoolate sodique ou de sodium métallique. — MM. **G. Bruni** et **A. Borgo**, considérant la nature incomplète de nos connaissances sur les composés persulfurés de l'hydrogène, ont fait des recherches sur ces composés, employant les méthodes de la Chimie physique. — M. **A. Colombano** a extrait la solanine des fleurs du *Solanum tuberosum*, tandis que l'extraction courante est toujours faite avec les racines ; et il a reconnu que les fleurs renferment une très grande quantité d'alcaloïde, de 6 à 7 °/₀, qu'il a soumis à l'action de plusieurs substances chimiques pour en déterminer les propriétés. — MM. **J. Bellucci** et **P. de Cesaris** décrivent leurs nouvelles recherches sur les sels de Roussin.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **F. Zambonini** présente une notice cristallographique sur l'azurite que M. de Lorenzo a trouvée dans un gisement de minéraux de cuivre, près de Lagonegro en Basilicate. — M. **G. Brunelli** a fait des recherches sur la spermatogenèse des Orthoptères, et plus précisément du *Grillus desertus*. — M. **G. Noé** transmet une notice préliminaire sur les particularités anatomiques que présentent les filaires (Grassi) du chien. — M. **L. Petri** annonce qu'il a observé un cas de parasitisme (à la Station de Pathologie végétale de Palerme) inconnu jusqu'ici, d'une cochenille, la *Mytilapsis fulva* Targ. var. ? sur les racines de l'olivier : les plantes attaquées par l'insecte ne semblent pas souffrir, mais il sera prudent de suivre la diffusion du parasite pour éviter la possibilité des dégâts à l'olivier, particulièrement dans l'Italie méridionale.

ERNESTO MANCINI.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 Novembre 1907.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **W. Kapteyn** : *Un produit infini représenté par une intégrale définie.* Expression du produit :

$$\prod_{s=0}^{\infty}\left[1+\frac{1^2}{(u+s)^2}\right]$$

Digitized by Google

en forme d'intégrale définie. L'auteur trouve pour $0 < u < 1$ l'expression :

$$\frac{\Gamma^2(u)\Gamma(2-2u)}{\pi^2}(e^{2\pi v} - 2\cos 2\pi u + e^{-2\pi v})\int_0^\infty \frac{\cos(2vt)\,dt}{(e^t+e^{-t})^{2-2u}}.$$

— M. H. A. Lorentz présente au nom de M. **O. Postma** : *Mouvement de systèmes de molécules non soumis à l'action de forces extérieures.* Les deux manières de démontrer qu'une masse de gaz non soumise à l'action de forces extérieures atteindra peu à peu, à cause des chocs mutuels, l'état d'une distribution homogène, celle de Boltzmann et celle de Boltzmann-Jeans. Le problème des petites planètes de M. Poincaré comme introduction à la théorie des gaz. L'entropie de position, appelée quelquefois « entropie grossière ». L'entropie par rapport aux vitesses. Le cas de transition entre celui des planètes et celui des molécules de gaz : le gaz à une dimension, où les molécules se meuvent parallèlement entre deux parois parallèles normales à la direction du mouvement des molécules. Cas d'un ensemble de systèmes de n molécules se mouvant dans un vase de la forme d'un parallélépipède rectangulaire. — M. H. G. van de Sande Bakhuyzen présente au nom de M. **J. Stein** (de Rome) : *L'etoile β Lyrae comme étoile double.* Histoire de la question : Travaux de MM. Pickering, Belopolsky, Vogel, Myers, Sidgreaves, André et Pannekoek. Solution du problème suivant : « Deux ellipsoïdes de révolution allongés semblables se meuvent autour de leur centre de gravité commun suivant des orbites elliptiques, avec la condition que leurs axes de révolution forment à chaque instant des segments d'une même droite tournant autour de ce point, tandis que leurs centres se meuvent autour du centre de gravité d'après les lois de Kepler. Pendant les conjonctions, ils se couvrent partiellement l'un l'autre. A calculer l'intensité de lumière à chaque instant, s'il est permis de remplacer les ellipsoïdes par leurs projections sur la voûte céleste également éclairées. » — M. **P. H. Schoute** présente au nom de Mme **A. Boole Stott** et en son propre nom : *On the sections of a block of eightcells by a space rotating about a plane.* Les sections d'un bloc d'octaèdroïdes par un espace tournant autour d'un plan. Ce travail paraîtra dans les Mémoires de l'Académie.

2° Sciences physiques. — M. **P. Zeeman** : *La décomposition magnétique des raies du spectre et l'intensité du champ.* Seconde partie (pour la première, voir *Rev. génér. des Sciences*, t. XVII, p. 483). Application de la méthode du champ hétérogène, développée dans la première partie, à la recherche de l'asymétrie dans la décomposition des raies spectrales, prédite pour la première fois par M. W. Voigt et considérée récemment d'un autre point de vue par M. H. A. Lorentz. D'après M. Voigt, la décomposition dans un triplet se caractérise en ce que « le duplet, rectangulaire aux lignes de force, de la composante polarisée parallèlement à la force magnétique dans le cas d'intensités de champs faibles est asymétrique de cette manière que la composante située du côté du rouge possède la plus grande intensité, tandis que la composante située du côté violet montre la plus grande distance de la raie d'absorption originale ». Dans cette partie, illustrée de deux planches, l'auteur étudie cette asymétrie. — M. **H. Kamerlingh Onnes** présente en son propre nom et celui de M. **C. Braak** : *Isothermes de gaz biatomiques et de leurs mélanges binaires.* VI. Isothermes de l'hydrogène entre — 104° C. et — 217° C. Suite (voir *Rev. gén. des Sciences*, t. XVIII, p. 128, 856). 17. Aperçu des expériences. Remarque sur l'appareil. 18, 19. Valeurs de pv_A des séries V et IV. 20. Comparaison des séries I et II avec les expériences de contrôle. 21. Coefficients viriaux individuels. 22. Minima de pv_A. Une planche. VII. Isothermes de l'hydrogène entre 0° C. et 100° C. 1. Aperçu des expériences. 2. Valeurs de pv_A. 3. Coefficients viriaux individuels. — Ensuite M. **Kamerlingh Onnes** présente en son propre nom et au nom de M. **C. Braak** et de M. **J. Clay** : *La mesure de températures très basses.* XVII. Expériences de contrôle avec le thermomètre à hydrogène et le thermomètre à résistances. 1. Introduction. 2. Aperçu des expériences. 3. Résultats. XVIII. Détermination du zéro absolu d'après le thermomètre à hydrogène à volume constant et réduction des indications du thermomètre normal à hydrogène à l'échelle absolue. 1. Détermination du zéro absolu. 2. Réduction à l'échelle absolue. — Rapport de MM. **H. Kamerlingh Onnes**, **W. H. Julius** et **P. Zeeman** sur la construction d'un tramway électrique à proximité du Laboratoire de Physique de l'Université de Groningue.

3° Sciences naturelles. — M. F. A. F. C. Went présente aux noms de M. et Mme **W.** et **J. Dooters van Leeuwen-Reynvaan** : *Sur la réduction réitérée deux fois du nombre des chromosomes durant la génération des cellules génitales et sur la fécondation réitérée deux fois qui la suit chez quelques espèces de Polytrichum.* En 1904, M. Ikeno publiait les résultats de ses recherches sur la spermatogénèse du *Marchantia polymorpha.* Les auteurs ont répété ces recherches pour des espèces de *Polytrichum*; à côté de la spermatogénèse, ils ont étudié aussi le développement de la cellule ovulaire et la fécondation; leurs résultats ne s'accordent que partiellement avec ceux de M. Ikeno. — M. G. C. J. Vosmaer présente au nom de MM. **J. Boeke** et **G. J. de Groot** : *La régénération physiologique des réseaux terminaux neurofibrillaires.* Le travail est illustré d'une planche contenant les figures de cinq sections de l'organe d'Eimer, dessinées d'après la méthode Bielschowsky-Pollack à l'aide d'un appareil d'Abbe, à grossissement de 1.200 à 1.600 fois. — M. T. Place présente au nom de M. **J. W. Langelaan** : *Le développement du corps calleux du cerveau de l'homme.* L'auteur s'occupe des trois questions de Retzius-Zuckerkandl : 1° Où se forme le corps calleux? 2° Quels sont ses éléments primaires? 3° Quelles variations subit la paroi médiane de l'hémisphère sous l'influence du développement du corps calleux? Une planche fait connaître la section frontale de la partie de derrière des lames terminales et du corps calleux. — M. C. Winkler présente au nom de M. **S. J. de Lange** : *La dégénération ascendante après la section partielle de la moelle épinière.* Les dessins des deux planches se rapportent à quatre animaux d'expérience, un lapin adulte (hémisection de la moelle allongée) et trois jeunes chats (lésions différentes). — M. C. E. A. Wichmann présente au nom de M. **J. Schmutzer** : *L'extinction oblique des cristaux rhombiques.* Déjà, en 1901, M. A. Harker a remarqué que l'extinction oblique des cristaux rhombiques sur des plans faisant un petit angle avec l'axe c ne présente une valeur négligeable que dans les cas où l'angle des axes optiques est petit. L'opportunité de cette remarque s'explique par le fait que, dans l'application des résultats théoriques à l'extinction des cristaux, on s'était limité aux minéraux monocliniques et tricliniques, surtout aux différentes espèces de feldspaths. Ainsi, il semble qu'on n'a pas fait assez attention à la règle ordinaire que les cristaux rhombiques ne montrent une extinction droite que par exception. L'auteur publie ici les résultats de ses recherches sur l'extinction oblique de l'olivine et du talc, déposés en des diagrammes et des tables. — M. H. A. Lorentz présente au nom de M. **W. Voigt** (de Göttingen) : *Ueber die krystallographisch zulässigen Zähligkeiten der Symmetrieaxen* (Sur les nombres caractéristiques admissibles des axes de symétrie des cristaux). M. Lorentz a déduit les nombres caractéristiques en question à l'aide du principe des rapports anharmoniques rationnels. Ici M. Voigt démontre qu'on arrive au but proposé d'une manière tout aussi simple à l'aide du principe des indices rationnels. P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 4 29 FÉVRIER 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Jupiter sans satellites. — Comme suite aux calculs de M. Flammarion publiés ici le 15 mai 1907, sur la disparition apparente des satellites de Jupiter le 3 octobre dernier, nous devons faire savoir à nos lecteurs que l'observation de cette disparition a été faite en Australie par M. Sidney Manning. Cet astronome s'est servi d'un réfracteur de 63 millimètres, muni d'un grossissement de 68 et permettant de voir tout l'entourage de Jupiter. Les satellites disparurent successivement, comme le calcul l'avait annoncé, et, pendant environ trente minutes, la planète parut absolument dépourvue de son cortège habituel. Malheureusement, l'observation fut faite en de médiocres circonstances atmosphériques, à travers des couches aériennes très agitées et pendant l'aurore grandissante, peu de temps avant le lever du Soleil.

La planète intramercurielle[1]. — Le n° 115 du *Bulletin de l'Observatoire Lick* contient une Note du Professeur C.-D. Perrine sur les résultats concernant la recherche de la planète intramercurielle pendant l'éclipse du 30 août 1905. Recherché photographiquement pendant l'éclipse de 1901, visible à Sumatra, on put se convaincre que, si ce corps existait, il n'était pas supérieur à la 5e grandeur. Une nouvelle tentative s'imposait : l'éclipse de 1905 en était la meilleure occasion.

Trois stations, organisées par l'Observatoire Lick, furent installées : une au Labrador, une en Espagne et une autre en Egypte. Ces trois missions étaient munies d'appareils photographiques dont les plaques de 18 × 22 et de 16 × 20 poucès couvraient les régions du ciel de 29° × 9° et de 25° × 8 1/4°. En supposant l'existence d'une planète intramercurielle, le calcul montre qu'elle ne peut avoir une élongation supérieure à 14 1/2° à partir du centre du Soleil : ces plaques avaient donc une surface suffisante pour la recherche. Les résultats furent considérablement contrariés par suite de la non-transparence du ciel; néanmoins, on put enregistrer des étoiles jusqu'à la grandeur 8,5, avec des poses variant de quatre-vingt-dix à cent une secondes. Rien de spécial ne fut découvert sur les négatifs, ce qui ne veut pas dire que le ou les corps perturbateurs du mouvement de Mercure n'existent pas, car il peut bien se faire qu'ils soient inférieurs à la 8e grandeur et, par conséquent, trop petits pour être photographiés dans le temps qui nous est accordé pendant la totalité d'une éclipse de Soleil.

Les recherches récentes de M. Seeliger sur l'influence des particules cosmiques avoisinant le Soleil, et dont l'éclairement produit le phénomène de la lumière zodiacale, montrent que l'existence de ces corpuscules donne une explication satisfaisante des perturbations observées dans le mouvement des planètes Mercure et Vénus. Si cette manière de voir était confirmée d'une façon irrécusable, il faudrait donc conclure à l'existence, non pas d'un corps unique, mais d'une grande quantité de corpuscules disséminés dans différents sens ou groupés en anneau, et qu'il serait peut-être possible de voir, à de longs intervalles, se projeter sur le disque solaire. On sait que, le 17 juin 1777, Messier vit un grand nombre de petits corps passant devant le Soleil; et, à d'autres époques, on vit des points noirs traverser le disque solaire, points noirs qui pouvaient être des comètes; mais les relations de ces observations, quoique faites, parfois, par des astronomes très sérieux, sont pour la plupart personnelles, et ne sont pas données avec suffisamment d'explications pour lever tous les doutes.

La question est importante, et reste toujours ouverte.

§ 2. — Météorologie

La conquête de l'atmosphère. — Dans une conférence faite devant le dernier Congrès des Naturalistes allemands, à Dresde, M. Hergesell, professeur à l'Université de Strasbourg, a fait remarquer qu'après avoir conquis les deux dimensions du plan, nous voici sur le point de nous familiariser avec la troisième dimension de l'espace : la verticale, en explorant l'océan atmosphérique et en imaginant les appareils nécessaires pour nous y mouvoir librement. Or, nos connaissances actuelles de l'atmosphère ont été acquises

[1] G. QUIGNON : *Bulletin de la Société belge d'Astronomie*, n° 10, 1907.

Digitized by Google

par deux méthodes d'études, dont l'une consiste à enregistrer les conditions atmosphériques par des appareils fonctionnant sans l'intervention de l'expérimentateur, et l'autre à naviguer nous-mêmes à travers l'océan de l'atmosphère.

Les premières tentatives faites pour explorer les espaces atmosphériques datent d'une cinquantaine d'années, bien que les méthodes employées dans les premiers temps aient été fort inexactes. Afin de réaliser des investigations universelles et uniformes, des associations internationales ont eu, surtout après les beaux travaux de notre compatriote M. Teisserenc de Bort, l'idée d'organiser des ascensions simultanées de ballons-sondes, ascensions qui ont donné des résultats fort importants, mais encore insuffisamment utilisés. La plus grande difficulté s'opposant à ce genre de recherches était l'impossibilité de déterminer les conditions atmosphériques régnant au-dessus des vastes étendues de l'Océan, lesquelles sont justement de la plus grande importance, les ballons jusqu'ici employés ayant disparu dans la mer sans y laisser de traces. Pour remédier à cet inconvénient, M. Hergesell a imaginé les ballons-tandem, système de deux ballons portant le ballon-sonde et un flotteur. Lorsque l'un des ballons se perd, l'autre tombe jusqu'à immersion du flotteur, en indiquant aux vaisseaux qui le recherchent la position de ce dernier, à cent mètres de hauteur au-dessus de la mer.

Le résultat le plus frappant de ces ascensions internationales, c'est que l'air au-dessus des pôles est plus chaud que l'air au-dessus de l'équateur, où la température la plus basse (d'environ 100° au-dessous de zéro) a été mesurée. D'une façon générale, on a constaté que la température décroît à mesure qu'on s'élève en direction verticale ; cette décroissance, chose étrange, cesse à 11-12 kilomètres de hauteur, où l'on trouve une température minima de —58°. L'altitude de la couche présentant cette température constante varie suivant la latitude géographique ; c'est là, semble-t-il, la couche marquant la limite au delà de laquelle l'influence de la Terre ne s'exerce plus : le temps météorologique n'existe donc que dans les couches inférieures.

Les résultats des récentes ascensions en ballons montés sont d'une nature essentiellement pratique. L'auteur n'hésite pas à affirmer que le problème du ballon dirigeable a été définitivement résolu. Or, pour pouvoir être employés dans la pratique, les aérostats doivent satisfaire aux quatre conditions suivantes :

Leur stabilité, leur rayon d'action, doivent être suffisants. L'aérostat doit être en mesure de se maintenir à hauteur constante, pendant un temps prolongé, et de passer d'une hauteur à l'autre sans perte de poids sensible. La vitesse doit, enfin, suffire aux exigences pratiques. Quant aux deux systèmes qui se trouvent en présence, à savoir le rigide et le non-rigide, l'auteur donne la préférence au premier, à cause surtout des grandes distances qu'il permet de traverser et de la facilité avec laquelle on munit ces ballons de surfaces de direction. Les ballons de l'autre système, devant acquérir une forme rigide, demandent le concours d'un ballonnet attaché à leur intérieur et alimenté séparément, ce qui évidemment complique beaucoup l'ensemble de l'aérostat, mais offre plus de sécurité. Dans le système rigide, on est libre de choisir l'emplacement le plus favorable des moteurs et d'éviter les chocs que ces derniers peuvent imprimer aux ballons. Quoi qu'il en soit, il convient de ne pas rejeter le système non-rigide, qui, au moins pour les exigences du sport, rendra encore des services, et dont les frais sont moindres.

§ 3. — Physique

La réflexion sélective dans ses relations avec la composition chimique. — La fructueuse méthode d'observation des rayons résiduels par réflexion (*Reststrahlen*) vient de donner à M. Leighton B. Morse, de Columbia University (New-York), l'occasion de poursuivre une recherche extrêmement intéressante, commencée déjà par M. Aschkinass et M. Coblentz, sur les relations qui existent entre la composition chimique des sels et la position des régions spectrales dans lesquelles ils possèdent la réflexion métallique.

L'examen des courbes du pouvoir réfléchissant d'un certain nombre de carbonates, dans la région spectrale comprise entre 4μ et 15μ, a révélé, sans aucune exception, la position de deux bandes principales, dont les maxima, très accusés, sont situés au voisinage de 7μ et 11μ, et d'un maximum moins net entre 14μ et 15μ. Les carbonates examinés étaient ceux de magnésium, de calcium, de manganèse, de fer, de zinc, de strontium, de baryum et de plomb. Leur pouvoir réfléchissant dans les bandes différait beaucoup de l'un à l'autre, passant de 20 °/₀ dans le carbonate de magnésium à 80 °/₀ dans le carbonate de baryum. Mais la coïncidence remarquable de la position des raies ne laisse aucun doute sur leur dépendance du même constituant de tous les sels examinés.

L'examen minutieux de la position des bandes a permis de constater toutefois de petites divergences, supérieures aux erreurs d'observation, et pour lesquelles une autre dépendance semble devoir être invoquée. Si l'on porte en abscisses les masses atomiques des bases associées à l'acide carbonique, en ordonnées la position des maxima des bandes, on voit les points ainsi marqués pour chaque bande se ranger sur une ligne à peu près droite et très légèrement inclinée, révélant une lente progression des bandes en fonction de la masse liée à l'acide.

Une semblable constatation n'est pas isolée; des relations analogues ressortent, en effet, pour les sulfates et les nitrates, des expériences antérieures de M. Coblentz. Dans tous les cas examinés jusqu'ici, la position du maximum de chacune des bandes de réflexion avance vers les grandes longueurs d'onde à mesure qu'augmente la masse atomique de la base.

On peut enfin grouper, dans une même loi de progression, les carbonates, les nitrates, les sulfates et les silicates à la condition de prendre, comme l'une des variables, la masse associée à chaque groupe O_3. On voit alors apparaître une relation sensiblement linéaire entre cette masse et la position du maximum d'une même bande, qui se déplace progressivement de 6μ,5 à 9μ,5.

L'ensemble de ces résultats est important, parce qu'il fournit une relation nouvelle entre les propriétés optiques des corps et leur constitution chimique[1]. On connaissait déjà des relations semblables pour le pouvoir rotatoire ou pour la fonction chromogène, c'est-à-dire, en somme, pour le pouvoir d'absorption sélective. Il était extrêmement probable par avance que la réflexion n'était pas sans quelques relations avec la constitution chimique, mais les expériences qui viennent de mettre ces faits en évidence ouvrent une voie nouvelle dans la recherche d'un groupe de relations naturelles.

§ 4. — Sciences médicales

La Société de Pathologie exotique. — Une nouvelle Société vient de se fonder en France. Au Congrès d'Hygiène de Berlin, en septembre dernier, les savants qui s'intéressent à la Médecine et à l'Hygiène tropicales ont eu l'idée de se grouper à part et, spécia-

[1] Si l'on interprète ces phénomènes dans le sens dynamique, on est conduit à considérer l'acide, ou peut-être l'oxygène qu'il contient, comme jouant l'office d'un ressort, auquel la masse jointe, qui est formée par la partie basique de la molécule, impose une durée d'oscillation déterminée. C'est dans le développement de cette idée que les résultats de M. Morse semblent surtout devoir être fructueux.

Digitized by Google

lement, d'organiser tous les trois ans des Congrès internationaux. C'est une pensée analogue qui a déterminé les savants français qui s'occupent des mêmes questions à fonder une Société de Pathologie exotique. Le programme de la Société tient tout entier dans le premier paragraphe de ses statuts, que son président, M. Laveran, cite *in extenso* dans le discours d'ouverture que la *Revue* reproduit dans ses colonnes (p. 134).

Le Bureau est ainsi composé :

Président : M. A. Laveran, membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine;

Vice-Présidents : MM. A. Chantemesse, professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine, membre de l'Académie de Médecine, conseiller technique sanitaire au Ministère de l'Intérieur, et Kermorgant, inspecteur général du Service de Santé des Colonies, membre de l'Académie de Médecine;

Secrétaires généraux : MM. E. Marchoux et F. Mesnil, chefs de laboratoire à l'Institut Pasteur;

Trésorier-Archiviste : M. Yvon, membre de l'Académie de Médecine;

Secrétaires des séances : MM. Dujardin-Beaumetz, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, et Dopter, professeur agrégé au Val-de-Grâce.

Au bureau est adjoint un Conseil de quatre membres : MM. Giard, de l'Institut, professeur à la Sorbonne; L. Bertrand, inspecteur général du Service de Santé de la Marine; Roux, de l'Institut, directeur de l'Institut Pasteur, et Vallin, de l'Académie de Médecine, médecin-inspecteur en retraite.

Le siège de la nouvelle Société est à l'Institut Pasteur. Elle y tiendra dix séances publiques par an, le deuxième mercredi de chaque mois, à 5 heures, sauf en août et septembre. Les communications pourront être accompagnées de présentations de malades, de démonstrations microscopiques, etc. Elles paraîtront dans un *Bulletin* spécial, édité par la maison Masson.

Voici les communications faites à la première séance :

L. Martin et Darré (hôpital Pasteur) : Sur les symptômes nerveux du début de la maladie du sommeil. Présentation d'un malade;

Edm. Sergent : Sur la fièvre méditerranéenne en Algérie;

F.-J. Rémy : Le Debab (trypanosomiase des dromadaires) dans la région de Barika (Algérie);

Edm., Et. Sergent et Ledoux : Le Debab dans la région de la *Zousfana* (Algérie);

Levaditi et Yamanouchi : La réaction de la déviation du complément dans la maladie du sommeil;

Laveran et Thiroux : Sur le traitement des trypanosomiases;

Salimbeni : Nouvelles recherches sur la toxine cholérique;

Brimont : Pseudo-calculs intestinaux d'origine végétale;

Marchoux : Une observation d'abcès du foie;

F. Mesnil, M. Nicolle et Remlinger : Recherche du protozoaire de Wright dans seize cas de bouton d'Alep;

F. Mesnil et E. Brimont : De l'action de l'émétique dans les trypanosomiases;

Nattan-Larrier et A. Bussière : Examen microbiologique de dix cas de bouton d'Orient (bouton de Bouchir);

Manaud : Fibromes cutanés multiples;

M. Léger : Distomatose hépatique. Formule leucocytaire chez les distomés;

G. Bourret : Recherches sur la lèpre.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Les résultats scientifiques de la Mission française de délimitation Congo-Cameroun (Mission Moll). — La Mission dirigée par M. le Commandant Moll[1] pour la délimitation, de concert avec une Mission allemande, de la frontière orientale du Cameroun depuis Bomassa, au nord du parallèle 2°, jusqu'au Tchad[1], a été une véritable exploration géographique en pays nouveau, en même temps qu'elle a rapporté de nombreux et précieux documents sur l'Ethnographie, l'Histoire naturelle et les ressources économiques des régions traversées. Les rapports de la Mission sont aujourd'hui remis au Ministère des Colonies, et il devient possible de donner un aperçu sur les importants résultats de ses travaux.

La frontière à délimiter présentait un développement de 2.000 kilomètres, et les itinéraires rapportés ont couvert 20.400 kilomètres. C'est dire que la Mission ne s'est pas bornée à la reconnaissance de la ligne frontière, mais qu'elle a étudié en détail toutes les régions avoisinant cette frontière.

La Mission a traversé, du sud au nord, une série de zones très distinctes, dont l'aspect, les populations et le climat se modifient progressivement à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur.

La première de ces zones est celle du M' Biémou, du 2° au 4° parallèle. Elle est essentiellement forestière et représente une partie de la forêt équatoriale. La végétation est si épaisse que le pays est difficilement praticable. On n'y voit que de très petits villages, dissimulés dans des clairières, qui sont habités par des populations très primitives et anthropophages : Koapulis, Biacombos, Bikoulis, Bikoums, etc. Là aussi vit une race de pygmées, les Babingas, dont le nombre a beaucoup diminué aujourd'hui. L'avenir de cette région paraît résider dans la richesse en caoutchouc de la forêt. Les éléphants y sont nombreux. Au nord-ouest du M'Biémou, dans la vallée de la Kadéï, on trouve une population de race baya, les Kakas, forte et laborieuse, et plus intelligente que celle de la forêt.

La région de la Haute-Sangha, du 4° au 6° parallèle, est arrosée par de nombreux cours d'eau, et s'élève à mesure qu'on monte vers le nord. On atteint, par des gradins successifs, des altitudes qui sont, sur le 6° parallèle, de 1.000 à 1.200 mètres, et vers le 7° de 1.400 à 1.500 mètres. Aussi le climat et le terrain se prêtent-ils à des cultures variées : caoutchouc, coton, thé, tabac, café, arbres à huile, etc. La population qui domine dans ces contrées est la race baya, l'une des plus importantes du Congo.

Le haut pays baya, entre le 6° et le 7° parallèle, limité au nord par la vallée de la Mambéré, présente un nœud orographique important, d'où les eaux s'écoulent dans trois directions : vers le Cameroun et vers les bassins du Congo et du Tchad. C'est un pays accidenté et pittoresque, caractérisé par ses amoncellements de blocs de granit et ses chaos rocheux, d'où les torrents descendent en cascades. Il est peu peuplé, difficile d'accès, et n'offre pas par lui-même une grande valeur; mais il est intéressant à étudier pour y rechercher les routes pouvant fournir les liaisons les plus commodes entre le moyen Congo et les territoires du Tchad. La Mission Moll reconnut qu'une seule bonne route met en communication le bassin de la Haute-Sangha avec la vallée de la Mambéré et, par elle, avec le Logone; c'est celle qui, de Carnot, remonte la rive gauche de la Nana, passe à Bomsé et Bougoué et aboutit à Yacoundé, sur la Mambéré.

Le fossé profond de la Mambéré limite au nord le pays baya. En aval et au nord de Ouantounou, sur cette rivière, commence le pays habité par les Lakas, qui sont une race considérable, s'étendant jusqu'au 10° parallèle. A sa sortie de la région montagneuse, la

[1] La Mission comprenait, sous les ordres du Commandant Moll : le lieutenant Mailles; l'enseigne de vaisseau Dardignac; le Dr Ducasse : le lieutenant Tournier; M. Brussaux, délégué du Ministre de l'Instruction publique, de la Société de Géographie et du Muséum; M. Muston, attaché à titre privé à la Mission, et un personnel de sous-officiers et de soldats. A Brazzaville, la Mission s'adjoignit le lieutenant Georg.

[1] En même temps que la Mission Moll opérait sur la frontière orientale du Cameroun, le capitaine Cottes procédait à la délimitation de la frontière méridionale.

Digitized by Google

Mambéré rencontre le Logone, un peu avant Baïbokoun. La Mission a suivi ce fleuve, moitié par eau, moitié par terre, à partir de ce point, et elle en a reconnu la navigabilité jusqu'à Laï. La largeur du Logone varie de 80 à 300 mètres. Seuls les rapides de Kaitia, à 24 kilomètres de Baïbokoun, offrent une légère difficulté pour la navigation, en saison sèche. La large boucle du Logone contourne un vaste plateau sablonneux, faiblement ridé de quelques collines granitiques et quartzeuses, qui, élevé de 30 à 50 mètres environ, s'abaisse en pente douce vers le fleuve. De nombreux hameaux de pêcheurs se sont fixés sur les rives. Le fleuve est peuplé d'hippopotames; sur les bords on voit venir des gazelles et des antilopes, et dans la zone la plus voisine vivent de gros troupeaux d'éléphants.

Près de Bakassi, en amont de Laï, est le confluent du Logone occidental et du Bandoul, ou Logone oriental, issu de la Penndé. Le fleuve atteint alors de 4 à 500 mètres de largeur. Sa rive droite domine sa rive gauche et s'appuie aux collines de Koutoukouma. Au delà de Laï et ensuite en territoire allemand, le Logone poursuit sa course lente à travers des plaines basses et herbeuses qu'il inonde à la saison des pluies; cette crue se propage jusqu'à sa jonction avec le Chari, où elle a lieu en octobre et novembre. La Mission a étudié l'hydrographie des principaux affluents qui coulent dans la boucle du Logone, et elle a reconnu en détail toute la région comprise entre ce fleuve et le Toubouri. Elle a constaté que, pendant presque toute l'année, le chenal du Toubouri est navigable pour des baleinières de 60 centimètres de tirant d'eau. Pendant trois mois, ces embarcations pourraient circuler de Mbourao jusque très avant sur le Kabbia, tributaire du Toubouri, et être utilisées sur l'affluent du Kabbia qui vient de la plaine d'Eré, ce qui permettrait de transporter les charges à destination du Logone jusqu'à une ou deux journées de marche du fleuve. La région du Toubouri offre ainsi que celle du Mayo-Pé ou Mayo-Kabbi, qui sert de déversoir à la dépression du Toubouri, de grandes ressources en troupeaux; elle est habitée par une population agricole et pastorale, les Moundans, et par les Foulbés, qui sont ici, comme partout, de merveilleux pasteurs. Le sol est approprié aux cultures indigènes et à celle du coton, et le pays possède de grands et beaux terrains de pâturage. Toute la région comprise entre le 9e et le 10e parallèle nourrira beaucoup plus de bœufs encore qu'elle n'en renferme actuellement, lorsqu'on aura mis fin aux razzias périodiques des Foulbés de l'Adamaoua.

La Mission a reconnu aussi la zone d'inondation, d'accès difficile, comprise entre le Logone et le Chari. Les marais y sont formés par les eaux de pluie, qui ne traversent pas le terrain argileux, et par de nombreuses dérivations du Logone et du Chari, qui permettent quelquefois des communications temporaires entre ces deux cours d'eau. Quand les eaux se retirent, vers novembre et décembre, ces dérivations, qui formaient à un moment de véritables rivières sur lesquelles circulaient des pirogues, s'assèchent, et les terrains d'inondation découvrent un sol largement crevassé où la marche devient pénible. Difficilement pénétrable, habitée par des populations de race laka, très primitives, le pays d'entre Logone et Chari présente une faible valeur d'exploitation jusqu'au 10e parallèle, et au-dessus il en est complètement dépourvu.

Entre 10°30′ et 11°, vivent, sur les berges du fleuve, les Mousgous qui ont de curieuses habitations en pisé, affectant la forme d'obus. Le Logone forme là de nombreuses îles. Au nord du 11e parallèle, il se divise en bras multiples, ses rives s'abaissent et sont accessibles aux inondations. Le fleuve entre dans le pays des Kotokos, population islamisée, supérieure à celles qui vivent en amont. A partir de 11°30′, le terrain se relève et les berges redeviennent boisées. D'une façon générale, la navigation sur le Logone est difficile par suite du manque de bois sur les rives.

Le Chari présente à la navigation des conditions plus favorables. De Fort-Lamy à Djimtilo, il coule, large et majestueux, entre des rives hautes et boisées. C'est près de Djimtilo que commence le véritable delta du Chari. La Mission française a déterminé, de concert avec la Mission allemande, la branche occidentale de ce delta comme étant la branche principale du fleuve; elle est la seule navigable en toute saison. Les rives du Bas-Chari et le delta sont des terrains marécageux ou improductifs qui n'ont aucune valeur.

Telles sont, en résumé, les observations géographiques les plus saillantes faites par la Mission sur les diverses zones qu'elle a parcourues et sillonnées de ses itinéraires. Tout le pays visité a été levé et la Mission en a dressé une carte au 1/200.000. Le canevas de la carte, ainsi que le relevé topographique de la frontière qu'il s'agissait de délimiter, a été appuyé sur les résultats d'observations astronomiques.

Il avait été entendu entre les membres des deux Missions que, hors le cas de désaccord, chacune d'elles procéderait aux observations avec les instruments et d'après les méthodes qui lui paraîtraient préférables. Les commissaires allemands firent usage, pour la détermination des longitudes absolues, du cercle de passage, ou cercle méridien portatif. La Mission française donna la préférence au procédé des occultations d'étoiles par la Lune et à l'emploi d'un astrolabe récemment inventé par MM. Claude et Driencourt[1], instrument qui a facilité les travaux de la Mission et qui leur a donné beaucoup de précision et de certitude. Les observations faites par les deux missions se trouvèrent concorder parfaitement.

La Mission Moll détermina 160 positions astronomiques, qui formèrent six réseaux appuyés sur six longitudes absolues, reliés entre eux et aux deux extrémités de la frontière, à savoir, Bomassa, qui avait été déterminé par la Mission Cureau, et Kouka, déterminé par le Commandant Moll lui-même dans sa Mission Niger-Tchad, en 1902[2]. Il en résulte qu'on doit aux deux missions successivement dirigées par cet officier une liaison astronomique complète du Niger au Congo en passant par le lac Tchad.

En ce qui concerne les travaux du 2e degré, on se servit dans la plus large mesure possible des transports d'heures en circuits fermés et aussi de la triangulation lorsque la nature du terrain rendait celle-ci avantageuse.

A côté des reconnaissances géographiques qui ont comblé un blanc considérable dans la carte d'Afrique, et des travaux astronomiques, géodésiques et topographiques, la Mission a entrepris des recherches sur tout ce qui pouvait contribuer à la connaissance des pays traversés au point de vue économique, sur la faune, les productions végétales, la géologie, le climat, les populations.

En ce qui concerne la faune, bien que note ait été prise de tous les animaux sauvages rencontrés, c'est surtout sur la répartition et les races du bétail domestique que la Mission a fait porter son étude. A partir de 8°30′ de latitude, on commence à trouver des bœufs et des chevaux, et depuis 9°, on est dans un vrai pays d'élevage. M. Brussaux a noté deux types bien distincts de chevaux, les grands dans tout l'ouest, les petits dans le pays laka à l'est. Il rattache les grands chevaux à deux types : arabo-syrien et barbe. Les petits chevaux lakas ont de l'analogie avec ceux qu'on élève en Corse. Les bœufs sont de races différentes chez les Foulbés, chez les Bororos, qui sont des Foulbés de la frontière du Cameroun restés nomades, et chez les Lakas; mais tous ont la même origine, qui est le bœuf à bosse d'Egypte. Ce sont ceux des Bororos qui ont le mieux gardé les caractères de la race; ils sont grands, très solides et ont d'énormes cornes placées perpendiculairement.

[1] *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 1905, p. 972 et 1071.

[2] *Ibid.*, 1905, Chronique et Correspondance, p. 716.

Digitized by Google

Le Commandant Moll a particulièrement signalé les régions riches en caoutchouc. La Mission a étudié aussi l'aptitude des diverses régions à la culture cotonnière, et un Rapport sur ce sujet a été dressé par le Dr Ducasse[1]. La Mission, qui avait reçu à son départ, de l'Association cotonnière, des graines de diverses espèces, les avait distribuées dans un certain nombre de localités, et elle put elle-même, en passant à Léré, sur le Mayo-Kabbi, constater la parfaite croissance de cotonniers provenus de graines qu'elle avait, par avance, envoyées au capitaine Faure.

La Mission a rapporté de nombreux échantillons de roches qui ont été envoyés au Muséum. Jusque vers le 4e parallèle, si l'on vient du sud, on trouve des grès. Au nord, commence le granit; la ligne de partage des eaux est formée de montagnes granitiques. On trouve dans le Cameroun trois volcans éteints, au sud de la Mambéré, près de la frontière. Le fer est commun partout; il y a trois centres importants de forges, l'un à l'ouest de Carnot, les deux autres dans la boucle du Logone.

Des observations météorologiques ont été faites par la Mission avec thermomètres, baromètres, hypsomètres, barographes. Les résultats ont été remis à l'Institut météorologique de Paris.

Le Dr Ducasse a fait des études sur la maladie du sommeil, ainsi que sur la mouche tsé-tsé qui est assez abondante, près des chutes Gauthiot, dans le Mayo-Kabbi.

Enfin, des études spéciales au point de vue ethnographique ont été faites par M. Brussaux sur toutes les populations traversées : Bayas, Lakas, Moundans, etc.

Les Bayas occupent la région comprise entre 4° et 7° Nord, de la rivière Bali, à l'est, à la Kadéï, à l'ouest. On estime à 300.000 le nombre des individus appartenant à ce type. Le Baya est plutôt petit, bien musclé, agile. Le type du sud est resté sauvage, même anthropophage; le type du nord a commencé à se transformer au contact des Foulbés. Les Bayas sont d'humeur pacifique et très faciles à conduire; ce sont pour nous d'excellents auxiliaires. Ils ont comme marque distinctive une cicatrice partant du sommet du front et se prolongeant jusque vers le milieu du nez. Les femmes portent souvent des tatouages; dans quelques régions, elles introduisent une rondelle de bois dans la lèvre supérieure. Le costume est simple : pour l'homme, une pièce de tissu retenue par une ceinture; pour la femme, une ceinture de perles à laquelle on suspend devant et derrière un bouquet de feuilles. La coiffure des femmes est très compliquée. Les Bayas reconnaissent un Dieu fort et brutal, existant partout, commandant tout; mais les Foulbés ont introduit chez eux des pratiques islamiques. Les cases sont rondes et disposées en cercles dans les villages. L'industrie du fer est en faveur chez les Bayas.

Les Lakas s'étendent entre 7°30' et 10° de latitude Nord, de 12°40' de longitude Paris, à l'ouest, au Chari, à l'est. Les musulmans les appellent Kirdis (infidèles); le mot « Laka » leur vient des M'Boums et veut dire : « je ne comprends pas ». Race forte et grande, très nombreuse, elle paraît autochtone. Les Lakas seraient probablement d'humeur plus douce s'ils n'avaient dû se défendre contre les attaques des Foulbés. Le tatouage est fréquent chez eux; les femmes ont souvent les lèvres percées. Les Lakas sont à peine vêtus. Leurs cases, en paille tressée, sont disposées en cercles. Ces indigènes sont d'excellents agriculteurs; ils ont des bœufs et des chevaux. C'est une race qui semble appelée à un bel avenir et peut nous rendre des services.

[1] Rapport de la Section française de la Commission franco-allemande de délimitation Congo-Cameroun sur la question cotonnière (*Association cotonnière coloniale*, n° 18, mai 1905, p. 119-139).

Les Moundans habitent les bassins du Mayo-Kabbi et du Mayo-Sina; un cercle de 70 kilomètres de rayon, avec Binder-Naïri comme centre, entourerait à peu près tout le pays moundan. Le pays de Binder-Foulbé est encore moundan. Les Moundans sont originaires des montagnes du Mandara et fondèrent Léré il y a 120 ans. On peut réunir dans la même famille les M'Boums et les Douros. La race des Moundans est belle et forte. Jadis guerriers pillards, ils sont devenus agriculteurs et éleveurs. Certains portent, comme tatouages, trois cicatrices verticales sur les joues. Depuis la venue des Haoussas, les Moundans ont adopté leur costume. Leurs habitations consistent en tours rondes de diverses tailles, réunies par des murs souvent cintrés; des sortes de coupoles qui les dominent sont les magasins à grains. Les Moundans sont des fétichistes qui ont commencé à subir l'influence de l'Islam. **Gustave Regelsperger.**

§ 6. — Enseignement

Ecole des Hautes Etudes commerciales. — La suppression de la dispense militaire qu'accordait la loi de 1889 pouvait faire craindre que le recrutement de beaucoup de nos grandes Ecoles ne subît quelque préjudice. L'enseignement commercial, en tout cas, ne semble pas devoir se ressentir des dispositions de la loi nouvelle. Nous constatons avec plaisir qu'à l'Ecole des Hautes Etudes commerciales, que dirige avec tant de distinction M. Ed. Jourdan, 124 élèves sont entrés au mois d'octobre 1907. Cette Ecole étant, par la nature et le caractère des études, celle qui eût pu se trouver atteinte la première, il y a là, en même temps qu'un hommage rendu à la valeur de notre enseignement commercial supérieur, un résultat intéressant à signaler et tout à fait encourageant pour l'avenir.

Personnel universitaire. — M. Bigot, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Caen, est nommé Doyen de la dite Faculté.

M. Décombe, docteur ès sciences physiques, est nommé sous-directeur du Laboratoire d'Enseignement de la Physique à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Bourget, astronome à l'Observatoire de Toulouse, est nommé directeur de l'Observatoire de Marseille.

M. Gonnessiat, astronome-ajoint à l'Observatoire de Paris, est nommé directeur de l'Observatoire d'Alger.

M. Dongier, sous-directeur du Laboratoire d'Enseignement de la Physique à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé météorologiste titulaire au Bureau central météorologique.

M. Bourget, maître de Conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Toulouse, est chargé d'un cours d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Marseille.

M. Marie, agrégé des Facultés de Médecine, est nommé professeur d'Anatomie pathologique à la Faculté de Médecine de Paris.

M. Pervinquière, docteur ès sciences, est nommé chef des Travaux Pratiques de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.

M. Jungfleisch, professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, est nommé professeur de Chimie organique au Collège de France, en remplacement de M. Berthelot.

M. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Toulouse, est nommé directeur de l'Observatoire de Paris, en remplacement de M. Lœwy.

M. Béhal, professeur de Toxicologie à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, est nommé professeur de Chimie organique à la dite Ecole.

M. Mirande, docteur ès sciences, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Montpellier, est nommé professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Grenoble.

Digitized by Google

L'ÉVOLUTION DE LA PATHOLOGIE EXOTIQUE

ALLOCUTION PRONONCÉE A LA SÉANCE D'OUVERTURE DE LA SOCIÉTÉ DE PATHOLOGIE EXOTIQUE

Mes chers Collègues,

Dans une réunion tenue le 15 novembre dernier et présidée par M. le Dr Roux, vous avez voté la création d'une Société de Pathologie exotique.

Dans une deuxième réunion, tenue le 20 décembre, vous avez adopté les statuts et le règlement de la nouvelle Société et vous avez nommé un Bureau provisoire.

Vous conviendrez, je l'espère, que votre Bureau n'a pas perdu de temps, puisque la Société est aujourd'hui en mesure de tenir sa première séance.

Je ne m'arrêterai pas à justifier la création de notre Société. A aucune époque l'utilité de l'étude des maladies exotiques ne s'est imposée avec plus d'évidence qu'à la nôtre, en raison de l'extension des empires coloniaux, en raison aussi de la multiplicité et de la rapidité des moyens de transport qui favorisent la dissémination des maladies.

D'immenses progrès ont, d'ailleurs, été réalisés dans le domaine de la Pathologie exotique et, à ce point de vue, il me paraît nécessaire, avant de nous mettre au travail, de jeter un coup d'œil rapide en arrière.

I

C'est seulement au XVIIIe siècle que les médecins européens commencent à s' ntéresser à l'étude des maladies exotiques. En 1768, paraît l'ouvrage de Lind sur les maladies des Européens dans les pays chauds. Lind observait aux Indes.

Au XIXe siècle, deux autres médecins anglais des Indes, Annesley et Morehead, ont continué et complété sur beaucoup de points les recherches entreprises par Lind.

Les médecins militaires français, observant en Égypte, en Algérie, en Chine, en Cochinchine, au Mexique, ont apporté une contribution des plus importantes à l'étude des maladies exotiques.

Larrey et Desgenettes décrivent les maladies observées dans l'armée d'Égypte, notamment la peste et l'ophtalmie d'Égypte.

En 1836, Maillot décrit magistralement la continue palustre et, en montrant que cette fièvre, dont la nature était méconnue, relève de la médication quinique, il sauve un grand nombre d'existences.

Les noms de L. Laveran, de Michel Lévy, de Boudin, de Tholozan, de Haspel, de Cambay, de Catteloup, de J. Périer, de F. Jacquot, de Frison, de Fuzier, de L. Colin, de Kiener, pour ne parler que des disparus, marquent tous des progrès accomplis dans l'étude clinique ou anatomo-pathologique des maladies exotiques. Qu'il me soit permis de rappeler que mon père, dans le cours sur les épidémies des armées, créé par lui au Val-de-Grâce, faisait une large place à ces maladies.

On doit aux médecins de notre marine et de notre armée coloniale un grand nombre de travaux importants sur la Pathologie exotique. Je devrai malheureusement, ici encore, me borner à citer quelques noms : Lefèvre, auquel revient l'honneur d'avoir rayé du cadre des maladies des pays chauds une prétendue endémie, la colique sèche, en montrant qu'il s'agissait toujours d'une intoxication saturnine (1859); Dutroulau, dont le *Traité des maladies des Européens dans les pays chauds*, publié en 1861, est resté classique au point de vue des descriptions cliniques; Guérin, qui, dans sa thèse, a donné, dès 1869, une excellente description de la maladie du sommeil; Le Roy de Méricourt, J. Rochard, Barthélemy Benoit, Bérenger Féraud, Nielly, A. Corre, Mahé. A ces noms, je pourrais ajouter ceux de beaucoup de nos collègues.

Depuis cinquante ans, sous l'impulsion géniale de Pasteur, les observateurs de tous les pays ont compris que le but principal à atteindre en Pathologie était la découverte des agents pathogènes et de leurs modes de propagation; dans cette voie, qui était la bonne, ils ont marché de conquête en conquête.

J'abuserais des instants précieux de la Société si je voulais faire un tableau complet des progrès réalisés; je devrai me contenter d'énumérer les découvertes les plus importantes qui marquent cette période brillante de la Médecine et de la Pathologie exotique en particulier.

La plupart de ces découvertes se rapportent soit aux Bactéries, soit aux Protozoaires pathogènes.

En 1871, Hansen découvre le bacille de la lèpre.

En 1873, Obermeier décrit le spirille de la fièvre récurrente. D'autres espèces ou variétés de spirilloses humaines ont été décrites dans ces dernières années, telle la tick fever d'Afrique, qui est propagée par un Ixode, l'*Ornithodorus moubata*, alors que la fièvre récurrente est propagée surtout par les punaises.

Digitized by Google

En 1883, R. Koch découvre le vibrion du choléra asiatique. Le rôle de l'eau de boisson dans la propagation des épidémies cholériques, rôle déjà soupçonné avant la découverte du vibrion, est définitivement établi.

Les vaccinations cholériques, inaugurées par Ferran, sont perfectionnées par Haffkine, et utilisées avec succès dans la lutte contre le choléra aux Indes.

En 1887, D. Bruce constate que la fièvre de Malte est produite par un microcoque, le *M. melitensis*. Des recherches ultérieures, poursuivies par une Commission spéciale de la Société Royale de Londres, montrent que le microcoque de Bruce pullule dans le lait des chèvres infectées et que la transmission de la maladie se fait surtout par cette voie, ce qui conduit à prendre des mesures de prophylaxie très efficaces.

En 1894, Yersin découvre le bacille de la peste et fait connaître le rôle important que jouent les rats dans la propagation de la maladie. Le rôle des puces qui abandonnent les rats morts de la peste est bien établi par le Dr Simond.

Les vaccinations antipesteuses faites par différentes méthodes (Roux, Yersin, Calmette, Haffkine, Besredka) et la sérothérapie (Roux, Yersin) ont rendu de très grands services dans la lutte contre la peste.

En 1898, Roux et Nocard démontrent que la péripneumonie des Bovidés est produite par un microbe invisible aux plus forts grossissements de nos microscopes. L'existence de microbes pathogènes invisibles était vraisemblable, mais il fallait la démontrer; c'est ce que Roux et Nocard ont fait d'une façon très ingénieuse pour le microbe de la péripneumonie.

Parmi les maladies qui relèvent de microbes invisibles, il faut citer : la fièvre aphteuse, la horse-sickness, l'anémie des chevaux (Vallée et Carré, 1904) et la fièvre jaune.

Les travaux de Reed, Carroll, Agramonte et Guiteras marquent un très grand progrès dans l'étude de l'étiologie et de la prophylaxie de la fièvre jaune (1900-1902); grâce aux hardies expériences de ces observateurs, nous savons que le microbe amaril existe dans le sang des malades et qu'il est propagé par les Culicides de l'espèce *Stegomyia fasciata*. Antérieurement, Finlay avait défendu l'opinion de la transmission de la fièvre jaune par les moustiques, mais sans fournir une démonstration rigoureuse à l'appui.

Les importantes recherches de nos collègues MM. Simond, Marchoux et Salimbeni ont confirmé celles des observateurs américains.

L'étiologie de la dysenterie s'est beaucoup éclaircie. On s'accorde aujourd'hui à reconnaître deux espèces principales de dysenteries : la dysenterie bacillaire, qui s'observe dans nos pays à climat tempéré, et la dysenterie amibienne des pays chauds. Loesch avait signalé, dès 1875, le rôle des amibes dans la dysenterie; ce rôle, longtemps contesté, a été établi définitivement par les recherches de Kartulis, de W. Osler, de Councilman et Lafleur.

On doit à Shiga, à Kruse et à nos collègues MM. Vaillard et Dopter, la sérothérapie de la dysenterie bacillaire, qui constitue un grand progrès dans le traitement de cette redoutable maladie.

II

La découverte de l'hématozoaire du paludisme, en 1880, n'a pas eu seulement pour avantage de faire connaître l'agent de la plus grande endémie des pays chauds; elle a ouvert aux chercheurs une voie nouvelle en montrant que les Protozoaires, comme les Bactéries, jouent en Pathologie, et principalement en Pathologie exotique, un rôle des plus importants.

Depuis 1880, le nombre des hématozoaires endoglobulaires n'a pas cessé de s'accroître, et l'étude des maladies dues à ces parasites est aujourd'hui l'objet de quelques-uns des chapitres les plus importants de la Pathologie médicale et de la Pathologie vétérinaire.

En 1897 et 1898, les patientes recherches poursuivies par R. Ross aux Indes ont vérifié l'opinion que j'avais émise, dès 1884, sur le rôle des moustiques dans la propagation du paludisme.

La découverte faite par Th. Smith et F. L. Kilborne de l'agent de la fièvre du Texas (1889-1893) est des plus importantes, car la fièvre du Texas, ou piroplasmose bovine, est une maladie extrêmement répandue dans toutes les parties du monde, et des épizooties voisines, mais d'espèces différentes, s'observent chez les Ovinés, chez les Equidés et chez le chien.

Smith et Kilborne, en même temps qu'ils découvrent le piroplasme de la fièvre du Texas, font connaître son mode de propagation par les Ixodes, mode de propagation qui est le même pour les autres piroplasmoses.

Une série de découvertes récentes a montré que les trypanosomes sont des agents pathogènes très répandus et très redoutables.

En 1880, Griffith Evans découvre le trypanosome qui détermine, aux Indes, l'épizootie connue sous le nom de Surra, qui s'attaque principalement aux Equidés.

En 1896, D. Bruce décrit une autre trypanosomiase animale, le Nagana, endémique dans certaines régions de l'Afrique, et il montre que la

Digitized by Google

maladie est propagée par les *Glossina*, vulgairement désignées sous le nom de tsétsé.

En 1899 et 1900, Schneider et Bouffard montrent que la dourine est une trypanosomiase.

En 1901, Elmassian découvre au Paraguay le trypanosome de l'épizootie connue sous le nom de mal de caderas.

En 1902, Dutton et Todd signalent en Afrique une trypanosomiase nouvelle, la maladie des chevaux de Gambie, et d'autres trypanosomiases animales sont encore découvertes en Afrique : Galziekte, Mbori, Souma, Debab, Baleri, etc.

La découverte du *Trypanosoma gambiense*, agent de la maladie du sommeil, découverte due à Forde, à Dutton, à Castellani et à D. Bruce (1901-1903), a achevé de mettre en lumière l'importance du rôle joué en Pathologie par les Trypanosomes.

La maladie du sommeil a pris une grande extension dans l'Afrique équatoriale; elle menace de s'étendre encore et d'anéantir, dans de vastes régions, la population indigène; contrairement à l'opinion anciennement admise, cette redoutable endémie s'attaque aux Européens comme aux noirs. La question du traitement et de la prophylaxie de la trypanosomiase humaine est une de celles que notre Société devra mettre à son ordre du jour.

La découverte de l'agent du Kala-azar (Leishmann et Donovan, 1903) est une des dernières acquisitions faites dans le domaine de la Pathologie exotique. Le parasite de Leishman-Donovan, qui se rapproche par certains côtés des Piroplasmes et par d'autres des Trypanosomes, paraît avoir été créé pour établir une transition entre ces deux groupes de parasites.

Wright a montré que, dans les boutons d'Orient, on observe des parasites très voisins du microbe du Kala-azar.

En dehors des maladies à protozoaires, il faut signaler les progrès accomplis dans la connaissance de deux maladies parasitaires des pays chauds: l'ankylostomiase et les filarioses

L'ankylostomiase, qui, dans nos pays tempérés, ne sévit que sur certaines catégories de travailleurs, sur les mineurs en particulier, parce que le parasite ne trouve pas à la surface du sol les conditions de température nécessaires à son développement, donne lieu, dans les pays chauds, à des endémies des plus graves, telle la chlorose d'Egypte, dont la nature a été reconnue par Griesinger en 1851, et le mal-cœur des nègres aux Antilles et au Brésil. On croyait naguère que l'infection se faisait toujours par les voies digestives; Looss a montré, en 1898, que les larves d'ankylostome s'introduisent facilement par la peau, ce qui constitue une importante découverte au point de vue des mesures prophylactiques à prendre contre cette maladie

L'étude de la filariose, ou plutôt des filarioses, étude à laquelle s'attachent les noms de Demarquay, de Wucherer, de Lewis et de Bancroft, a été continuée avec beaucoup de succès par différents observateurs, en tête desquels il faut citer Patrick Manson. Cet éminent confrère, auquel on doit tant de travaux remarquables sur les maladies tropicales, a décrit plusieurs espèces nouvelles de Filaires, et il a démontré que les Culicides sont les agents de pproagation de ces parasites.

Les travaux très intéressants de nos collègues MM. Vincent et Pinoy sur les champignons des mycétomes mériteraient mieux qu'une simple mention; je regrette de ne pas pouvoir m'y arrêter.

Je dois enfin signaler les recherches de notre collègue M. Calmette sur les sérums antivenimeux, recherches qui, poursuivies depuis 1894, ont abouti à des résultats pratiques d'un si haut intérêt pour les pays chauds où abondent les Ophidiens venimeux.

III

Cette belle floraison de découvertes, dont je n'ai pu rappeler que les principales, a transformé l'étude de la Pathologie exotique. Cette transformation est beaucoup plus frappante pour les hommes de ma génération que pour ceux des générations nouvelles. Nos jeunes confrères, qui apprennent à connaître sur les bancs de l'Ecole bactéries et hématozoaires, ne savent pas combien ils sont heureux d'avoir échappé aux dissertations sur la nature des virus, des miasmes et des effluves!

La connaissance de tous les agents pathogènes énumérés plus haut et de leur mode de propagation a permis de réaliser de grands progrès dans la prophylaxie des maladies des pays chauds. C'est ainsi qu'on a pu, en détruisant les moustiques, assainir Ismaïlia, où l'endémo-épidémie palustre avait pris une grande intensité, et La Havane, qui était périodiquement ravagée par les fièvres palustres et par la fièvre jaune. Sur un grand nombre de points de nos colonies, la lutte méthodique contre le paludisme s'organise et des résultats très encourageants ont déjà été obtenus. Les découvertes relatives aux modes de transmission du choléra, de la peste et de la fièvre jaune ont eu d'excellents effets au point de vue de la médecine sanitaire. On a pu reviser l'ancien système quarantenaire, qui apportait de si grandes entraves au commerce, et adopter un ensemble de mesures moins vexatoires et plus efficaces que les mesures anciennes.

Malgré tous les progrès réalisés dans le domaine de la Pathologie exotique, nous n'avons pas à craindre, mes chers Collègues, qu'il ne nous reste rien à faire et nous pouvons nous mettre au travail avec le légitime espoir d'être utiles.

Digitized by Google

L'article premier de nos statuts définit comme il suit le rôle de notre Société : « La Société de Pathologie exotique a pour but l'étude des maladies exotiques de l'homme et des animaux, celle de l'hygiène coloniale, de l'hygiène navale et des mesures sanitaires destinées à empêcher l'extension des épidémies et des épizooties d'origine exotique. Les médecins, pharmaciens, vétérinaires et naturalistes de nos colonies et de l'étranger pourront apporter à la Société leurs travaux, envoyer des documents ou échantillons (anatomie pathologique, préparations histologiques, parasites, insectes ou autres animaux susceptibles de propager des maladies); de son côté, la Société s'efforcera de leur procurer tous les renseignements qui leur seront nécessaires. Elle se mettra, en outre, en rapport avec les Sociétés de Pathologie exotique ou de Médecine tropicale de l'étranger pour l'étude des mesures d'hygiène et de prophylaxie d'un intérêt général. »

La Société compte, en particulier, sur le concours des médecins de l'armée de terre et de la marine, sur celui des médecins civils exerçant dans nos colonies et de nos médecins sanitaires. La présence parmi nous de MM. les Médecins Inspecteurs généraux Kermorgant et L. Bertrand, de MM. les Médecins-Inspecteurs Vallin, Kelsch, Vaillard et Grall, et de M. le Professeur Chantemesse, conseiller technique sanitaire au Ministère de l'Intérieur, est de bon augure.

En raison du grand rôle joué par les Insectes et les Arthropodes suceurs de sang dans la propagation des maladies exotiques, les médecins et les vétérinaires doivent aujourd'hui avoir recours sans cesse aux naturalistes. Grâce au concours de nos éminents collègues MM. Perrier, Giard, Bouvier et Railliet, les questions d'Histoire naturelle médicale qui se poseront devant la Société pourront être facilement résolues.

En terminant, il me reste un devoir à remplir. Je dois remercier notre éminent collègue, M. le Dr Roux, de l'excellent accueil qu'il nous a fait; en mettant des locaux à notre disposition, il a grandement facilité la naissance de la nouvelle Société, qui, j'en ai la conviction, prospérera sous l'égide glorieuse de l'Institut Pasteur.

A. Laveran,
Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine.

THERMOCHIMIE ET FORMULES DE CONSTITUTION[1]

RELATIONS ENTRE LES CHALEURS DE COMBUSTION ET LA CONSTITUTION DES COMPOSÉS ORGANIQUES

La chaleur de combustion d'un corps quelconque — combustible industriel ou composé chimique défini — est la quantité de chaleur que dégage ce corps quand il brûle complètement, de manière que son carbone se transforme en anhydride carbonique, son hydrogène en eau, son soufre en acide sulfurique dissous, son phosphore en acide phosphorique dissous, etc., certains éléments comme l'azote, les halogènes, quelques métaux (argent, mercure, platine) restant à l'état libre. Il est à peine besoin de faire remarquer l'importance que présente, dans les sciences et dans leurs applications, la connaissance de ces chaleurs de combustion : elles apportent aux savants des données précieuses pour le calcul des énergies mises en jeu au moment de la formation d'un composé, ou pour la connaissance du bilan thermique des phénomènes vitaux; elles donnent aux industriels des renseignements indispensables sur la valeur des combustibles qu'ils emploient journellement, sur le rendement thermique d'un générateur de vapeur, d'un gazogène, d'un moteur, etc...

On a construit différents appareils pour la mesure de ces chaleurs de combustion : par exemple, la chambre calorimétrique employée autrefois par M. Berthelot pour l'étude des gaz et presque abandonnée maintenant; la lampe calorimétrique que M. Thomsen désigne sous le nom de « brûleur universel » (*Universalbrenner*) et qu'il continue à employer, malgré la complication expérimentale et parfois l'inexactitude des résultats obtenus[1]. Le seul instrument qui permette d'opérer avec une sécurité absolue et avec une précision extrême, puisqu'elle atteint très fréquemment le 1/500, est la bombe calorimétrique à revêtement interne de

[1] Cette étude est le résumé de diverses Notes et articles auxquels je renvoie le lecteur qui désirerait de plus amples renseignements : *C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. CXXXVI, p. 295; t. CXXXVII, p. 515, 656 et 979; t. CXXXVIII, p. 900 et 1037; t. CXXXIX, p. 131 et 633. *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. I, p. 496, et t. V, p. 1, année 1905. *Journ. de Chim. phys.*, t. II, nos 1, 5 6.

[1] V. Stohmann : *Journ. für prakt. Chemie*, 2e série, t. XXXIII, p. 260 et 575, et t. XXXV, p. 136. — Petit : *Ann. Ch. et Phys.*, 6e série, t. XVIII, p. 149. — Lemoult : *Ibid.*, 8e série, t. IV, p. 409.

Digitized by Google

platine de M. Berthelot[1], imaginée en 1881, et qui a été adoptée par presque toutes les personnes qui s'occupent de Thermochimie : Stohmann et ses élèves, Langbein, P. Subow et, tout récemment, E. Fischer et Wrede à Berlin.

Dans cet appareil classique, qu'il est inutile de décrire, on brûle un poids déterminé de la matière étudiée et, s'il s'agit d'un composé défini, on passe, par un calcul simple, de la valeur ainsi trouvée à la chaleur de combustion moléculaire à volume constant; une correction, très simple également, donne les chaleurs de combustion moléculaires à pression constante, les seules dont nous nous occuperons ici et que nous désignerons, par exemple pour le composé $C^xH^yAz^m$..., par le symbole $f(C^xH^yAz^m...)$.

I. — Historique.

Je me suis proposé d'instituer une méthode, aussi simple que possible, qui permît de calculer toutes les chaleurs de combustion connues[2] et, par suite, de donner par extension, pour les corps non encore soumis à des mesures thermiques, une valeur extrêmement probable de leur pouvoir calorifique, c'est-à-dire de calculer les chaleurs de combustion inconnues. De la comparaison entre ces résultats théoriques et les résultats expérimentaux ressort le degré de confiance que l'on peut accorder à la méthode.

L'idée directrice a été de rechercher si l'on pouvait considérer les chaleurs de combustion comme des propriétés additives, c'est-à-dire si l'on pouvait fixer, pour chacun des atomes constituants : carbone, hydrogène, oxygène, azote, etc., une valeur invariable qui représentât son appoint thermique, son module thermique, si l'on veut, de telle manière que, prenant un composé $C^xH^yAz^mO^p$..., sa chaleur de combustion puisse être calculée en faisant la somme de chacun de ces modules multipliés respectivement par les facteurs x, y, m, p... qui représentent, dans le corps étudié, le nombre de chacun des atomes constituants.

A la vérité, la tentative n'est pas nouvelle, et il y a longtemps qu'on a pensé à faire de tels essais. M. Quesneville s'en était déjà préoccupé en 1880[3], mais sans développer son projet. J. Thomsen a, d'autre part, publié un important ouvrage où il a donné ses résultats d'expériences et sa méthode de calcul. Sans pouvoir l'exposer ici en détail, il faut s'y arrêter quelque peu[1], pour en donner le principe.

Considérant les chaleurs de formation (29 cal. 29 et 96 cal. 96) de l'oxyde de carbone et l'anhydride carbonique, l'auteur admet que les deux étapes thermiques devraient être équivalentes; si elles ne paraissent pas l'être, c'est parce que la combustion débute par l'« isolement » de l'atome de carbone, ce qui absorbe 38 cal. 38, différence entre les deux effets thermiques consécutifs envisagés; la combustion de l'atome de carbone « supposé isolé » dégagerait donc : 96,96 + 38,38, soit 135 cal. 34. On voit facilement tout ce que ces déductions ont d'hypothétique, et malheureusement l'hypothèse ne paraît que médiocrement justifiée, puisque, par le développement de son système, J. Thomsen arrive à conclure, par exemple, que la fixation d'un groupe OH sur un atome de carbone est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui varie suivant que le résultat de cette fixation est un alcool ou un acide, c'est-à-dire varie suivant l'état antérieur du carbone qui va porter ce groupe OH. A côté de cette donnée hypothétique, l'auteur fait intervenir la chaleur de combustion d'une molécule d'hydrogène, les équivalents thermiques E_1, E_2, E_3 des énergies mises en jeu quand deux atomes de carbone voisins s'unissent soit par une, soit par deux, soit par trois valences. Résultat assez inattendu, les deux premières de ces quantités d'énergie sont supposées égales (14 cal. 2), et, résultat plus surprenant encore, la troisième, qui, *a priori*, paraît devoir leur être supérieure, est comptée pour zéro. Cette méthode de calcul a été critiquée par J. W. Bruhl, par Armstrong, puis modifiée par O. Diffenbach[2]. Ces modifications n'altèrent pas le principe de la méthode, mais seulement les bases numériques des calculs, et constituent un perfectionnement de la méthode Thomsen; mais l'auteur ne paraît pas les avoir appliquées à plus de 15 carbures (au lieu de 118 composés envisagés par Thomsen).

Je citerai également la tentative de M. F. W. Clark, qu'il a exposée sous le titre : *A new law in Thermochemistry*[3] et appliquée à 121 composés. La méthode, bien qu'ingénieuse, est assez compliquée; de plus, elle s'appuie sur des valeurs expérimentales discutables, puisque l'auteur a adopté les chaleurs de combustion de J. Thomsen, pour la rai-

[1] M. Mahler a réalisé un appareil qui est la copie de celui-ci, mais le revêtement interne est en émail, ce qui diminue notablement le prix, mais ne donne plus la même sécurité. On a construit aussi des copies plus ou moins modifiées de la bombe Berthelot, soit pour en faciliter le maniement, soit pour en réduire le prix (Krœker).

[2] Toutes celles de ces quantités qui ont été obtenues expérimentalement jusqu'en 1897 sont indiquées dans l'ouvrage de M. Berthelot : Thermochimie; données et lois numériques, t. II, p. 788 et suiv.; j'ai recueilli les autres dans les diverses publications scientifiques.

[3] *Moniteur scientifique* de novembre 1880, p. 1155.

[1] V. pour le détail : J. Thomsen. : *Thermochemische Untersuchungen*, et pour un résumé didactique : A. Reychler : *Les théories physico-chimiques*, 2e édit., p. 193.

[2] *Zeitsch. f. physik. Chem.*, t. V, p. 566.

[3] *Proceed. of the Washington Acad. of Sciences*, janvier 1903.

Digitized by Google

son, non justifiée d'ailleurs, « qu'elles sont strictement comparables entre elles ».

II. — Principes de ma méthode de calcul. Carbures.

Le mode de calcul que j'ai employé diffère des précédents par son principe, par les bases numériques sur lesquelles il repose, et enfin par le nombre des comparaisons entre valeurs théoriques et valeurs expérimentales, puisque cette comparaison a porté sur 600 composés environ.

En principe, j'ai cherché à éviter l'intervention personnelle et séparée : 1° des divers atomes « supposés isolés »; 2° des diverses valences soit entre atomes de carbone, soit entre eux et les atomes d'autres éléments.

L'atome de carbone insécable des chimistes (C = 12 gr.) est, par la pensée, partagé en quatre fragments identiques c, inséparables, cela va sans dire, les uns des autres, à chacun desquels est attribuée une valence; à cette valence est accrochée soit la valence d'un autre fragment identique, mais emprunté à un autre atome de carbone, ce qui fait un groupe $c.c$, soit la valence d'un atome d'hydrogène (H), ce qui fait un groupe $c.H$; ou bien encore deux valences, prises à deux c d'un même atome C_1, sont accrochées à deux valences empruntées à deux c d'un autre atome de carbone C_2, et cela fait un groupe $c^2 : c^2$ (liaison éthylénique); si 3 valences de C_1 sont accrochées à 3 autres prises en C_2, on a un nouveau groupe $c^3 \vdots c^3$ (triple liaison); enfin, si 4 valences s'accrochent mutuellement, on a $c^4 \vdots c^4$ ou $C \vdots C$, soit la molécule de carbone-vapeur inconnue $(C)^2$.

Avec ces 4 groupes ainsi imaginés :

$$c.H, \qquad c.c, \qquad c^2 : c^2, \qquad c^3 \vdots c^3,$$

nous pouvons construire n'importe quelle molécule organique ne contenant que du carbone et de l'hydrogène, et celle-ci contiendra α, β, δ, ε, de chacun d'entre eux. Si A, B, D, E sont les appoints fixes de chacun de ces groupes, la chaleur de combustion du composé envisagé devra être :

$$\alpha A + \beta B + \delta D + \varepsilon E,$$

quels que soient α, β, δ et ε. Quant aux valeurs de A, B, D, E, elles sont fixées par l'expérience; en effet, si l'on envisage le méthane CH^4, ce corps est construit de quatre groupes $c.H$, et, puisque sa chaleur de combustion effective est 213 cal. 5, l'appoint immuable du groupe $c.H$ devra être : 53 cal. 37. J'ai adopté une valeur très approchée : 53 cal.

De même, le propane $CH^3.CH^2.CH^3$, construit avec huit groupes $c.H$ et deux groupes $c.c$, ayant pour chaleur de combustion effective 528 cal. 4, on voit que l'appoint immuable du groupe $c.c$ doit être :

$$1/2\ (528{,}4 - 8 \times 53) = 52{,}2 \text{ cal.};$$

j'ai adopté, en raison des valeurs analogues fournies par d'autres carbures, 51 cal. L'éthylène (double liaison) et l'acétylène (triple liaison) ont permis de compléter le tableau des valeurs adoptées, à savoir :

$$c.H = 53 \text{ cal.}, \qquad c.c = 51 \text{ cal.}, \qquad c^2 : c^2 = 130 \text{ cal.},$$
$$c^3 \vdots c^3 = 210 \text{ cal.},$$

lequel est extrêmement simple et ne fait intervenir d'autres hypothèses que la quadrivalence de l'atome de carbone et l'identité de ces valences.

Comme exemples de l'accord entre la théorie et l'expérience, citons l'octane C^8H^{20} et le décane $C^{10}H^{22}$, pour lesquels la théorie donne les valeurs 1.311 cal. et 1.625 cal.; or, ces deux corps ne figurent pas dans les tableaux de M. Berthelot; mais, en 1898, P. Subow a donné pour chaleurs de combustion effectives :

1.313,3 cal. et 1.624,3 cal.

Citons encore le propylène C^3H^6 (6 groupes $c.H$; un groupe $c.c$ et un groupe $c^2 : c^2$) : valeur théorique : 499 cal.; valeur effective 499 cal. 3. De même l'allylène, carbure acétylénique auquel mon calcul assigne pour chaleur de combustion 473 cal., alors que l'expérience a fourni 473 cal.

Ici se place une remarque intéressante : MM. Malbot et L. Gentil ont décrit, sous le nom de diisobutylène[1], un composé C^8H^{16} qu'ils supposaient être éthylénique avec preuves à l'appui, et ont donné sa chaleur de combustion : 1.252 cal. 5. Si ce composé est éthylénique, la théorie porte sa chaleur de combustion à 1.284 cal.; s'il est saturé, à 1.256 cal. seulement : ces nombres m'amènent à penser que le corps en question n'est pas éthylénique, mais saturé, et je me propose de vérifier ce point par voie chimique.

Les carbures cycliques donnent également lieu à une remarque importante; on sait qu'ils peuvent être représentés, entre autres, par des formules hexagonales comportant des doubles liaisons entre atomes de carbone (formule Kékulé) ou ne comportant que des liaisons simples (formule Claus); dans la première hypothèse, les valeurs calculées sont notablement différentes des valeurs expérimentales, tandis que, dans la deuxième hypothèse, ces valeurs théoriques coïncident avec les valeurs expérimentales, par exemple :

		MESURÉ	CALCULÉ	
Ex.	Benzène	776,9 cal.	777 cal.	(form. Claus).
	Naphtalène. . .	1.240,25 [2]	1.240	(form. Claus).

[1] *Ann. Chim. et Phys.*, 6e série, t. XIX, p. 393, année 1890.
[2] Moyenne entre 1.241 cal. 8 (Berthelot) et 1.238 cal. 7 (Fischer et Wrede).

Digitized by Google

Il faut en conclure qu'il n'y a pas de doubles liaisons dans les carbures cycliques ou bien que, si l'on veut persister à y faire figurer des symboles comme C = C, il faut renoncer à les considérer comme équivalents aux symboles employés pour représenter les liaisons éthyléniques; on sait, d'ailleurs, que les considérations purement chimiques conduisent à la même conclusion, bien qu'elle soit contraire à celles que J. W. Brühl a tirées de l'étude des indices de réfraction[1].

A côté de ces cas particulièrement intéressants, il convient de signaler que la méthode de calcul s'applique non seulement aux carbures acycliques et cycliques, mais encore aux carbures mixtes (toluène, xylènes, etc...), aux carbures alicycliques hexahydrobenzène, etc...), et aux carbures terpéniques, en particulier au camphène, pour lequel la valeur calculée d'après la formule Dodge[2], exempte de double liaison, s'élève à 1.460 cal. quand l'expérience a donné 1.468 cal. 2 (moyenne).

Au total, la comparaison entre valeurs théoriques et valeurs expérimentales porte sur 62 carbures; il n'y a que 8 °/₀ des cas où l'approximation entre les deux valeurs est inférieure au 1/100, tandis qu'il y en a 63 °/₀ où elle est supérieure à 1/200.

Toutes les valeurs théoriques peuvent être représentées par une seule et même formule simple. Si, en effet, on envisage d'abord les carbures saturés et si n désigne leur numéro d'ordre, on voit facilement que leur chaleur de combustion peut être représentée par $157\,n + 55$, puisqu'un tel carbure contient $n - 1$ fois le groupe $c.c$ et $2n + 2$ fois le groupe c.H, soit $(n - 1)\,51 + (2n + 2)\,53 = 157\,n + 55$.

Or, on a identiquement :

$$157\,n + 55 = 102\,n + \frac{55}{2}(2\,n + 2),$$

et, si le carbure en question est représenté par C^xH^y, on a $x = n$, $y = 2\,n + 2$, et, par suite :

$$f(\underset{\text{saturé}}{C^xH^y}) = 102\,x + \frac{55}{2}y.$$

Si, maintenant, on envisage le carbure cyclique d'ordre m, on voit facilement que la chaleur de combustion théorique (formules Claus) est représentée par $463\,m + 314$; or, on a identiquement :

$$463\,m + 314 = 102\,(4\,m + 2) + \frac{55}{2}(2\,m + 4),$$

et, si le carbure s'écrit : C^xH^y, on a $x = 4\,m + 2$ et $y = 2\,m + 4$; donc, sa chaleur de combustion sera représentée par la formule, qui de ce fait devien générale :

$$(\mathrm{I}) \qquad f(C^xH^y) = 102\,x + \frac{55}{2}y,$$

car il est évident que, s'appliquant aux carbures cycliques et aux carbures acycliques, elle englobe du même coup les carbures cycliques arborescents ou mixtes.

Quand on passe aux carbures non saturés C^xH^y, on constate que la somme $102x + \frac{55}{2}y$ est insuffisante pour représenter leur chaleur de combustion; il faut y ajouter une même quantité 28 cal. pour tous les carbures éthyléniques, et une même quantité, différente de la précédente et double environ : 57 cal., pour les carbures acétyléniques; ces deux appoints supplémentaires représentant l'apport de la double ou de la triple liaison :

$$(\mathrm{I}\ bis) \qquad f(C^xH^y\ \text{éthylénique}) = 102\,x + \frac{55}{2}y + 28\ \text{cal.}^{1}$$

$$(\mathrm{I}\ ter) \qquad f(C^xH^y\ \text{acétylénique}) = 102\,x + \frac{55}{2}y + 57\ \text{cal.}^{1}$$

Ces formules comportent quelques remarques :

1° On voit d'abord qu'il n'est plus besoin, pour calculer la chaleur de combustion, de décomposer un carbure en ses groupes élémentaires $c.c$, $c.H$, décomposition fastidieuse et sujette à erreurs pour des carbures compliqués, mais qu'il suffit de connaître seulement x et y; c'est une simplification importante;

2° On voit ensuite que ces formules ne contiennent pas trace du nombre de liaisons simples entre atomes de carbone, pas plus que du nombre de liaisons entre carbone et hydrogène; par suite, il est inutile de faire intervenir implicitement ces deux nombres dans les formules de calcul. Tout se passe comme si l'énergie calorifique d'un carbure saturé dépendait uniquement de la matière qu'il contient, c'est-à-dire des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène supposés indépendants les uns des autres et apportant chacun 102 cal. par atome de carbone et $\frac{55}{2}$ cal. par atome d'hydrogène;

3° Dès lors, cette valeur 102 cal. peut être envi-

[1] V. Brühl : *Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, t. XLIX, p. 201, ou *Berichte*, t. XXVII, p. 1065, ou *Bull. Soc. chim.*, t. XII, p. 1113, année 1894.

[2] *Am. chem. Soc.*, t. XXIV, p. 642.

[1] Quand deux liaisons éthyléniques coexistent dans une même molécule, elles ont l'une sur l'autre une très importante répercussion : l'une d'elles apporte toujours une surcharge de 28 cal., mais l'autre occasionne une perte de 12 cal., soit donc 40 cal. de moins (28 + 12) que ce qu'elle aurait dû apporter; l'appoint de l'ensemble est alors 28 + 28 — 40 = 16 cal. De même, quand il y a deux liaisons acétyléniques, la première garde son appoint, 57 cal., mais la deuxième apporte encore 40 cal. de moins qu'elle n'aurait dû; l'ensemble apporte donc : 57 + 57 — 40 = 74 cal.

		MESURÉ	CALCULÉ
Ex.	Diallyle.	904,3 cal.	903 cal.
	Diméthyldiacétylène .	848,3	851

Digitized by Google

sagée comme la chaleur de combustion de l'atome de carbone supposé isolé et $\frac{55}{2}$ cal. comme chaleur de combustion de l'atome d'hydrogène supposé isolé.

Nous voyons réapparaître ici sous forme de conséquences, et non plus sous forme de prémisses, les chaleurs de combustion des atomes et les appoints des valences; ceci nous permet de mettre en comparaison par leurs bases numériques les différents modes de calcul dont il a été question plus haut :

	THOMSEN	DIFFENBACH	LEMOULT
	— cal.	— cal.	— cal.
Chaleur de combustion :			
de C supposé isolé. . . .	135,4	166,573	102,0
de H supposé isolé. . . .	18,89	11,039 [1]	27,5
Energie calorifique :			
de la liaison entre 2 C . .	14,2	30,30	0,0
de la liaison entre C et H.	15,0	»	0,0
de la liaison éthylénique.	14,2	45,45	+28,0
de la liaison acétylénique.	0,0	45,45	+57,0

La méthode que j'ai imaginée fait ressortir, comme on le voit, des emmagasinements d'énergie de valeurs croissantes au moment où se forment une liaison double ou une triple. Ceci cadre on ne peut mieux, étant donnée la tendance de ces énergies excédentes à se dissiper, avec la réactivité chimique régulièrement croissante quand on passe des corps saturés aux corps éthyléniques ou acétyléniques;

4° On a vu plus haut qu'en adoptant pour appoint de la simple, puis de la double, puis de la triple liaison entre deux atomes de carbone les valeurs 0, 28 et 57 cal., on arrive à reconstituer exactement la chaleur de combustion des carbures; on peut dès lors, avec quelque vraisemblance, en tirer des conséquences théoriques assez curieuses; en particulier, la quadruple liaison entre deux atomes de carbone pourra être envisagée comme apportant environ trois fois 28 cal., soit 84 cal., et, par suite, la chaleur de combustion du groupe C ⁝ C sera $2 \times 102 + 84 = 288$ cal.; c'est-à-dire que *la molécule de carbone-vapeur doit brûler en dégageant 288 cal.*; or, deux atomes de carbone-diamant brûlent en donnant deux fois 94 cal. 6; la différence, soit environ 100 cal., doit donc être rapportée à la différence des états physiques; par suite, 55 cal. représente, à peu de chose près, la *chaleur de vaporisation*, ou, comme on l'appelle parfois, *de dépolymérisation* d'un atome de carbone. M. Berthelot avait donné 44 cal. comme estimation minimum de cette quantité.

D'autre part, si la molécule de carbone-vapeur fournit en brûlant 288 cal., alors que ses atomes constituants ne fournissent chacun que 102 cal., c'est que la différence, soit 84 cal., représente l'énergie qu'il faut fournir à ces deux atomes de carbone pour les réunir en une molécule, énergie qui reste emmagasinée; ceci se traduit en disant que *la chaleur de formation de la molécule de carbone-vapeur* à partir de ses atomes s'élève à — 84 cal.;

5° On voit de même que la *chaleur de formation de la molécule d'hydrogène*, à partir de ses deux atomes constituants, s'élève à — 14 cal.;

6° Il existe, outre les carbures non saturés, deux corps pour lesquels la formule $102x + \frac{55}{2}y$ est insuffisante; c'est le triméthylène [1] et le tétraméthylène, pour lesquels elle donne respectivement 471 cal. et 628 cal., alors que l'expérience a donné pour le premier la valeur 507 cal. et a permis de déduire pour le second la valeur probable 650 cal.; il manque donc 36 cal. dans le premier cas et 22 cal. dans le second. Si l'on passe au méthylpentaméthylène (le pentaméthylène n'a pas été étudié) et à l'hexaméthylène (cyclohexane), les écarts disparaissent : mesuré : 945 cal. 7 et 944 cal.; calculé : 942 cal. Donc, cette nouvelle exception ne s'étend qu'à des molécules particulières d'ordre peu élevé, et disparaît quand la molécule s'amplifie. On sait que M. Berthelot a créé pour ces cas la notion et le mot « d'isomérie dynamique »; n'est-il pas naturel, vu l'exiguïté des molécules qui présentent cette isomérie spéciale avec surcharge d'énergie, d'englober dans « l'isomérie dynamique » l'éthylène (ou diméthylène) et l'acétylène, ainsi que tous leurs dérivés? Dès lors, on arrive à la conception suivante des carbures. En général, ces corps sont formés d'atomes juxtaposés sans réactions mécaniques les uns sur les autres, et leur chaleur de combustion est uniquement due aux appoints de la matière qu'ils contiennent (calculée à raison de 102 cal. par C et 27 cal. 5 par H). Dans certains cas, cette distribution normale et tranquille de la matière est troublée par une singularité (qu'on pourrait se figurer, par exemple, comme une compression d'atomes voisins); elle se traduit par une surcharge d'énergie, une réserve calorifique déterminée pour chaque cas. Ces composés singuliers, à « isomérie dynamique », sont les corps acétyléniques, les corps éthyléniques et ceux des carbures cycliques dont l'anneau comporte quatre atomes de carbone au maximum; au delà de ce chiffre, la régularité réapparaît. Dans tous ces cas, la surcharge d'énergie se traduit à nos regards par une grande aptitude à réagir avec retour aux types normaux.

[1] Ce nombre se rapporte à l'atome d'hydrogène supposé lié au carbone (H —) C.

[1] Diffenbach (*loc. cit.*) avait, en vue de ce cas, attribué aux liaisons entre atomes de carbone une valeur spéciale, à savoir : $\frac{9}{4}$.30,30, au lieu de 30 cal. 30.

Digitized by Google

III. — Composés oxygénés.

Il n'a été question jusqu'ici que des carbures; mais, comme ces corps ne forment qu'une minime partie des composés organiques, il est nécessaire d'examiner maintenant les composés qui contiennent d'autres éléments : oxygène, azote, etc., et qui, de ce fait, possèdent une ou plusieurs fonctions.

Commençons par les composés oxygénés.

La présence de l'oxygène dans une molécule équivaut à un commencement de combustion ; par suite, la chaleur de combustion d'une telle molécule $C^xH^yO^p$ doit être inférieure à l'appoint des éléments combustibles $102\,x + \frac{55}{2}\,y$, et cela d'autant plus que le nombre p des atomes d'oxygène est plus élevé. Mais, en outre, le commencement de combustion dû à un seul atome d'oxygène ne doit pas, *a priori*, avoir toujours la même importance; suivant que la combustion intéressera un atome de carbone seulement, par exemple dans les aldéhydes et les cétones (groupe C:O), ou bien à la fois deux atomes de carbone différents, par exemple dans les éthers-oxydes (groupe $>$C.O,C$<$), ou bien à la fois un atome de carbone et un atome d'hydrogène, comme dans les alcools (groupe $\geqq$C.O.H, etc.), la quantité d'énergie ainsi dissipée devra varier. En d'autres termes, la perte φ due à la présence de l'oxygène doit varier avec la nature de la fonction : alcool, éther, aldéhyde, acide, anhydride, etc..., qu'il aura fait apparaître dans la molécule. C'est ce qu'une observation facile permet de vérifier tout de suite.

1. *Alcools.* — Voici, par exemple, l'alcool propylique primaire $CH^3.CH^2.CH^2$ (OH) ou C^3H^8O; l'appoint de la matière combustible est $3 \times 102 + 4 \times 55 = 526$ cal.; or, l'expérience a donné 482 cal. 4; donc la valeur φ correspondant à ce cas sera 43 cal. 6. Si la conception initiale continue à se vérifier, c'est-à-dire si les chaleurs de combustion sont bien des propriétés additives, on devra, quel que soit l'alcool primaire envisagé, retrouver une valeur φ voisine de celle que je viens de donner; on constate facilement que, pour tous ces corps, on a des résultats satisfaisants en adoptant pour φ la valeur $\varphi_1 =$ 45 cal.

Si l'on passe aux alcools secondaires, on trouve encore que la perte due à la présence de l'oxygène s'élève à 45 cal.; mais, si l'on passe aux alcools tertiaires et aux dérivés hydroxylés des carbures cycliques : phénol, crésols, naphtols, etc., il faut prendre pour φ une valeur du même ordre de grandeur, mais légèrement différente : $\varphi'_1 = 51$ cal.

Il peut arriver qu'une même molécule renferme plusieurs fois la fonction alcool; dans ce cas, il suffira de faire la somme des φ correspondants et de la retrancher de la somme des appoints positifs; on a donc :

$$\text{(II)} \qquad f(C^xH^yO^p) = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma p\varphi,$$

les φ étant comptés comme je viens de le dire. Cette formule s'étend alors à tous les cas :

	MESURÉ	CALCULÉ
Diphénylcarbinol	1.613,9 cal.	1.611 cal.
Naphtol α ou β	1.189,25 (moy.)	1.189
Erythrite	502,6	503
Camphol	1.472,3	1.470

Toutefois, il faut faire une remarque pour les alcools non saturés; il faut naturellement encore faire intervenir un terme relatif à la double ou à la triple liaison; mais, au lieu des valeurs 28 et 57 cal. fixées lors de l'examen des carbures non saturés, il faut prendre des valeurs un peu moindres. La présence de la fonction oxygénée a eu une influence sur l'appoint supplémentaire dû à la liaison multiple, et, par une circonstance heureuse, qui simplifie les calculs, cette répercussion mutuelle des deux singularités se traduit par une perte de 12 cal. sur l'ensemble; cette valeur 12 cal. est à retenir ; nous la retrouverons pour presque toutes les autres fonctions. Les formules relatives aux alcools non saturés seront donc :

$$\left(\text{II}\ \begin{matrix}bis\\ ter\end{matrix}\right) \quad f(C^xH^yO^p) = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma p\varphi + \begin{cases} 28 - 12 \text{ (éthyl.)} \\ 57 - 12 \text{ (acétyl.)} \end{cases}$$

Ex. : allyldiméthylcarbinol : mes. 914 cal.; calc. 913 cal.

Avec ces trois formules (II), on a examiné tous les alcools dont la chaleur de combustion est connue, soit 63, et l'on a trouvé 18 °/₀ des cas où l'approximation est inférieure à 1/100 et 66 °/₀ où elle est supérieure à 1/200.

2. *Ethers-oxydes.* — Le commencement de combustion, qui n'atteint ici que deux atomes de carbone, le groupe fonctionnel étant C.O.C., est bien moins marqué que dans le cas précédent; ainsi, pour l'éther diéthylique $C^4H^{10}O$, l'appoint de la matière combustible est 683 cal.; comme l'expérience a donné 651 cal. 7, on voit que la valeur φ à retrancher du fait de la fonction oxygénée s'élève ici à 31 cal. 3; la considération de tous les cas a conduit à admettre $\varphi_2 = 33$ cal.; et une série de déterminations faites en 1900 sur les acétals (par M. Delépine), qui sont deux fois éthers-oxydes, est venue confirmer la méthode de calcul, puisque les valeurs expérimentales coïncident toutes avec les valeurs que le calcul faisait prévoir.

Quand la molécule n'est pas saturée, comme c'est le cas pour le safrol, l'eugénol, l'anéthol, l'apiol, etc.,

Digitized by Google

on fait le calcul de la même manière en ajoutant pour la liaison éthylénique 28 — 12, soit 16 cal.; de telle sorte que les formules II, II *bis* et II *ter* sont encore applicables ici, mais en prenant pour φ la valeur $\varphi_2 = 33$ cal.

	MESURÉ	CALCULÉ
Ether méthylxylénique .	1.213,2 cal.	1.215 cal.
Safrol.	1.244,7	1.245
Acétal diéthylique. . . .	930,3	931
Glycol-acétal..	558,8	562

Avant de passer à une autre série, il convient de signaler un composé très important, le saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$, qui est à la fois alcool et éther-oxyde et dont on obtiendra, par suite, la chaleur de combustion en totalisant les valeurs de φ correspondant à ces diverses fonctions. Ce composé est sept fois alcool primaire ou secondaire, une fois alcool tertiaire et trois fois éther-oxyde; donc sa chaleur de combustion sera : $12 \times 102 + 11 \times 55 - (7 \times 45 + 51 - 3 \times 33) = 1.364$ cal.

La valeur expérimentale adoptée jusqu'ici était 1.353 cal. 8; mais MM. Fischer et Wrede ont obtenu, par des déterminations récentes : 1.363 cal. 9; l'accord est presque absolu.

3. *Aldéhydes et cétones.* — Ces composés ont le même groupement fonctionnel C.O; on sait que ces deux groupes de corps ont une grande ressemblance chimique, mais aussi des différences marquées; les considérations thermochimiques suivent de très près les indications de la Chimie, puisque la perte due à l'atome d'oxygène s'élève à 39 cal. pour les aldéhydes et à 45 cal. pour les cétones, ce que nous traduirons par les symboles :

$$\varphi_3 = 39 \text{ cal.} \qquad \varphi_3' = 45 \text{ cal.}$$

(il est à remarquer que la différence est la même qu'entre alcools non tertiaires et alcools tertiaires). Voici, par exemple, l'aldéhyde propylique et son isomère, la diméthylcétone C^3H^6O, qui ont toutes deux pour appoint de la matière contenue 471 cal., alors que leurs chaleurs de combustion respectives sont : 434 cal. 3 et 426 cal. 9, et présentent, par suite, les différences 36 cal. 7 et 44 cal. 2; ce sont, à peu de chose près, les valeurs φ_3 et φ'_3; l'emploi de ces φ donne entière satisfaction, puisque, sur 28 cas examinés, il y en a 3, soit 10 %, où l'approximation est inférieure à 1/100, et 60 % où elle est, et souvent de beaucoup, supérieure à 1/200. Parmi ces cas, il en est un particulièrement important, celui du camphre; on sait que ce corps, employé souvent dans la pratique de la bombe calorimétrique comme combustible auxiliaire pour amorcer une combustion difficile, a été l'objet d'une étude thermique extrêmement soignée, qui a fixé sa chaleur de combustion moléculaire à 1.414 cal. 5, alors que la valeur calculée avec une fonction cétone s'élève à 1.415 cal. Il ne me paraît pas douteux que si, à l'origine des discussions sur la formule constitutionnelle du camphre, on eût connu les considérations que je viens d'exposer, elles n'eussent été d'un secours important.

Peut-être pourrait-on utiliser ces considérations thermochimiques pour fixer la formule du carvol; en effet, la formule de Collie lui attribue pour chaleur de combustion : 1.360 cal., tandis que la formule Goldschmidt donne 1.376 cal.; or, l'expérience a donné 1.374 cal.; elle est donc favorable à la seconde formule.

Les hydrates de carbone se rattachent aux aldéhydes et cétones, et l'on calcule assez exactement leur chaleur de combustion en attribuant à tous leurs atomes d'oxygène une même valeur $\varphi = 45$ cal. (ce qui correspond à des alcools primaires et secondaires et à des cétones); il en résulte une formule très simple. En effet, la molécule s'inscrivant $C^x(H^2O)^x$, la chaleur de combustion calculée est $102x + 55x - 45x = 112x$;

Exemple : glucoheptose : mes. : 783 cal. 9, calculé avec $x = 7$: 784 cal.; et pour les polyglucosides, comme la dextrine, l'inuline, l'amidon, la cellulose, le glycogène, $[C^6H^{10}O^5]^n$, le calcul donne $672n$ cal. alors que l'expérience donne $677{,}9n$ (valeur moyenne).

Les quinones, qui ont deux fois le groupe fonctionnel C.O, ne se comportent pas thermiquement comme des composés deux fois cétoniques; il faut pour elles adopter une nouvelle valeur de φ, soit $\varphi_4 = 38$ cal., et encore subsiste-t-il quelques irrégularités relatives aux quinones de poids moléculaire élevé.

4. *Acides et leurs anhydrides.* — C'est une des séries où les déterminations thermochimiques sont le plus abondantes; le groupe fonctionnel COOH comporte deux atomes d'oxygène, et la valeur φ qui indique la perte de calories due à leur présence est, pour l'ensemble, 106 cal.; les φ étant jusqu'ici rapportés à un atome d'oxygène, nous écrirons : $\varphi_5 = \frac{106}{2}$; on voit qu'un acide ne peut pas être considéré comme la réunion d'une cétone et d'un alcool tertiaire, puisque cet ensemble donnerait $\varphi = 96$ cal. seulement. Avec la valeur φ_5, on calcule facilement la chaleur de combustion de tous les acides mono et polybasiques dérivés des carbures saturés acycliques, des carbures cycliques, des carbures mixtes et des terpènes :

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex. : Acide heptylacétique . .	1.309,5 cal.	1.307 cal.
— hydrocinnamique.	1.085,5	1.087
— campholique . . .	1.409.2	1.409
— diéthylmalonique .	832,9	832
— phtalique.	770,4 (moy.)	769

Digitized by Google

Sur 78 cas examinés, il n'y en a que 9 °/₀ où l'approximation est inférieure à 1/100, tandis qu'il y en a 77 °/₀ où cette approximation surpasse 1/200.

De la formule

$$f[C^{x-1}H^{y-1}CO^2H] = 102\,x + \frac{55}{2}y - 106$$

résulte une conséquence intéressante, déjà émise par M. Berthelot; on a, en effet :

$$102\,x + \frac{55}{2}y - 106 = 102\,(x-1) + \frac{55}{2}y - 4;$$

or, $102(x-1) + \frac{55}{2}y$, c'est la chaleur de combustion du carbure $C^{x-1}H^y$, et l'on passe de celui-ci à l'acide envisagé $C^{x-1}H^{y-1}.CO^2H$ en lui ajoutant CO^2; on voit que cette addition ne modifie que d'une manière insignifiante (perte de 4 cal.) la chaleur de combustion du carbure générateur : *un acide organique a donc très sensiblement la même chaleur de combustion que le carbure obtenu en lui enlevant CO^2.*

Quand la molécule d'un acide n'est pas saturée, on fait le calcul comme ci-dessus en prenant $\varphi_8 = \frac{106}{2}$, puis on ajoute au nombre ainsi trouvé soit 16 cal. (28 — 12), soit 45 cal. (57 — 12), suivant que la molécule est éthylénique ou acétylénique; on retrouve donc ici le nombre 12 cal. déjà mentionné.

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex. : Acide oléique	2.682,9 cal.	2.681 cal.
— hydrosorbique. .	797,9	797
— itaconique. . . .	477,5	479
— tricarballylique .	515,0	514

Si la molécule contient à la fois une fonction acide et d'autres fonctions, on fait le calcul en faisant intervenir chaque fonction avec la valeur φ :

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex. : Acide allomucique . .	494,5 cal.	495 cal.
— *p*-créosotique . .	880,1	879
— lévulique. . . .	577,1	579

Les anhydrides d'acides sont caractérisés par la valeur $\varphi_6 = \frac{141}{3}$, laquelle n'équivaut pas, en dépit du groupe fonctionnel $\begin{matrix}-CO\\ |\\ -CO\end{matrix}\!\!>\!O$, à deux fonctions cétone et une fonction éther-oxyde, puisque cet ensemble donnerait $\Sigma\varphi = 123$ cal. seulement. On ne connaît à leur sujet qu'un petit nombre de déterminations, mais elles s'accordent bien avec le calcul :

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex. : Anhydride acétique. . .	431,9 cal.	432 cal.
Anhydride camphorique.	1.262,1	1.264

Si la molécule n'est pas saturée, le calcul en tient compte en retranchant à la somme habituelle des appoints, non plus 12 cal., mais deux fois 12 cal.

	MESURÉ	CALCULÉ
Anhydride itaconique	481,8 cal.	483 cal.
Anhydride diphénylmaléique.	1.770,1	1.770

5. *Ethers-sels et lactones.* — La présence des deux atomes d'oxygène du groupe fonctionnel se traduit par la valeur $\varphi_7 = \frac{90}{2}$, différente, comme on le voit, de $\frac{1}{2}(\varphi'_5 + \varphi_6) = \frac{78}{2}$. Cette valeur permet le calcul pour tous les cas connus, si l'on veut bien, quand il y a d'autres fonctions, en tenir compte au moyen de leurs φ respectifs, et, quand la molécule n'est pas saturée, retrancher aux appoints ordinaires 12 cal. En voici quelques exemples :

	MESURÉ	CALCULÉ
Acétate d'éthyle.	538,0 cal.	538 cal.
p-oxybenzoate de butyle. . .	1.366,3	1.366
Dimalonate tétraméthylique.	1.045,7	1.045
Acétylacétate de méthyle . .	594,0	595
Benzoate d'eugényle.	2 065,3	2.067
Tétrahydrophtalate de méth.	1.226.8	1.225

Au total, sur 70 cas examinés, il y en a 10 °/₀ où l'approximation est inférieure à 1/100, et 68 °/₀ où elle est supérieure à 1/200; parmi ceux-ci, il y a 50 °/₀ des cas où les valeurs mesurées et calculées coïncident rigoureusement.

Les anhydrides-internes d'acides-alcools, les lactones, se rattachent à cette catégorie, et le calcul, toujours satisfaisant, se fait avec la convention $\varphi_7 = \frac{90}{2}$.

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex. : Anhydride gulonique g.	615,0 cal.	617 cal.
Lactide	327,1	326
Méconine	1.136,5	1.139

On voit, par tout ce qui précède, que la présence d'un ou de plusieurs atomes d'oxygène dans une molécule, cause de l'apparition dans cette molécule d'une ou plusieurs fonctions déterminées, se traduit thermiquement par une perte de l'énergie calorifique latente; cette perte varie avec chaque fonction et la caractérise. Il n'est donc pas risqué de dire que la Thermochimie, tout particulièrement la connaissance des chaleurs de combustion, peut être d'un grand secours pour l'établissement des formules de constitution. Certes, quand plusieurs fonctions s'accumulent dans une même molécule, il est assez difficile de faire la part de chacun des termes φ; mais cela est loin d'être impossible; du reste, c'est aussi dans ce cas que les renseignements d'ordre purement chimique sont le plus difficiles à interpréter, et le secours que

Digitized by Google

peut alors apporter la Thermochimie n'est pas à dédaigner, mais bien à utiliser précieusement.

IV. — Composés azotés.

L'étude thermique des composés organiques azotés, commencée par M. Berthelot, à l'aide de la bombe calorimétrique, et continuée par ses élèves, s'étend aujourd'hui à environ 250 corps différents : c'est un champ suffisant pour essayer de représenter les chaleurs de combustion connues à l'aide de formules de calcul analogues à celles qui nous ont servi jusqu'ici. *A priori*, il n'y a aucune raison de supposer que la présence de l'azote modifie les appoints ordinaires des atomes de carbone et de ceux d'hydrogène; tout, au contraire, laisse supposer qu'on doit conserver les deux modules 102 et $\frac{55}{2}$; il semble qu'il n'y ait qu'à faire intervenir un nouveau module A pour l'azote et qu'on doive arriver à une formule telle que :

$$f(C^xH^yAz^m) = 102\,x + \frac{55}{2}y + mA.$$

En réalité, il n'en est rien; même en se bornant aux composés ternaires azotés, non oxygénés, et particulièrement aux amines, on constate, tout de suite que la présence de l'azote introduit, dans la formule qui doit donner $f(C^xH\,Az^m)$, deux termes : l'un qui est relatif à l'azote lui-même et qui représente son appoint comme combustible, c'est 16,5 m; l'autre qui est relatif à la nature des atomes fixés à l'azote; si a représente ce nombre, ce terme est $-10a$; la formule complète est alors :

$$\text{(II)} \quad f(C^xH^{y-a}Az^mH^a) = 102\,x + \frac{55}{2}y + 165\,m - 10\,a,$$

de telle sorte, par exemple, qu'ayant mesuré la chaleur de combustion effective C_e d'une amine à un atome d'azote et calculé la somme $S = 102\,x + \frac{55y}{2} + 16{,}5$, la différence $C_e - S$ devra être un multiple de 10; l'amine sera primaire, secondaire ou tertiaire, suivant que cette différence sera 20, 10 ou nulle.

Mais, avant de voir l'utilisation de la formule II, voyons-en la justification :

1. *Amines.* — On connaît la chaleur de combustion de 25 amines primaires dérivées de carbures acycliques, cycliques ou terpéniques; pour les premiers termes, la chaleur de combustion mesurée surpasse notablement la valeur calculée; mais la différence, qui atteint 22 cal. 1 pour la monométhylamine, s'atténue très vite et tombe, au voisinage du 5e ou 6e terme, au-dessous de la limite des erreurs d'expériences; la formule II leur est donc applicable, et tout ceci s'explique très bien si l'on remarque, d'une part, que la chaleur de combustion effective de l'ammoniac surpasse la valeur calculée de 26 cal. 7 et, d'autre part, que l'influence de ce terme originel s'efface de plus en plus quand la molécule se complique par addition de chaînes hydrocarbonées. Voici quelques exemples :

	MESURÉ	CALCULÉ
Monométhylamine . . .	258,1 cal.	236 cal.
Butylamine	713,9 (moy.)	707
Heptylamine	1.183,0	1.178
Naphtylamines	1.268,6 (moy.)	1.264
Camphylamine	1.539,2	1.539

Parmi les amines secondaires, 12 ont été étudiées; la comparaison des résultats expérimentaux et calculés donne lieu à la même remarque que ci-dessus relativement à l'excès d'énergie calorique latente contenu dans les premiers termes et à l'effacement graduel de cet excès; il en est de même pour les amines tertiaires, dont 8 ont été étudiées; en voici quelques exemples :

	MESURÉ	CALCULÉ
Diméthylamine	418,2 cal.	403 cal.
Diphénylamine	1.537,2	1.533
Triméthylamine.	580,8	570
Triamylamine (iso) . . .	2.456,3	2.454

Pour les polyamines, on ne connaît qu'un nombre de déterminations trop restreint, — quatre, — pour tenter une comparaison sérieuse; toutefois, les valeurs expérimentales surpassent d'environ 12 à 15 cal., dans le cas des diamines primaires, les valeurs calculées.

Parmi les amines à molécule non saturée, une seule, l'allylamine, est étudiée; la question se pose de savoir si, à la somme régulière 306 + 192,5 + 16,5 — 20, soit 495, il faudra ajouter pour la liaison éthylénique 28 cal. comme dans le cas des carbures, ou 28 — 12 = 16 cal. comme dans le cas des composés oxygénés; ce qui donne soit 523 cal., soit 511 cal.; or, l'expérience a donné 526 cal. 8 et, par suite, se prononce très nettement en faveur de la première hypothèse. Il en résulte que, pour l'allylamine et probablement aussi pour toutes les amines non saturées, la présence simultanée d'une fonction amine et d'une singularité due à une liaison multiple n'a aucune répercussion thermique; chacune de ces particularités intervient avec son appoint ordinaire. C'est, comme on le voit, une différence assez inattendue entre amines et fonctions oxygénées, chez lesquelles la répercussion entraîne ordinairement la perte de 12 cal., comme on l'a vu.

2. *Amines accompagnées d'une fonction oxygénée.* — Dans ce cas, on fait le calcul en attri-

Digitized by Google

buant à l'amine et à l'oxygène les appoints qui leur sont propres; la comparaison avec les résultats expérimentaux donne toujours des résultats satisfaisants; en voici quelques exemples:

	MESURÉ	CALCULÉ
Alanine	389,2 cal.	389 cal.
Acide aspartique	386,8	385
Acide anilido-acétique .	968,3	964

3. *Amides et anilides.* — Ces composés contiennent un groupement fonctionnel — C (: O) — Az =, dans lequel l'oxygène est placé à l'égard du carbone comme dans les cétones; mais le voisinage de l'azote n'est pas sans influence sur le commencement de combustion qui s'est produit, et il faut adopter ici une nouvelle valeur de φ, à savoir $\varphi_a = 55$ cal., avec laquelle les résultats du calcul sont satisfaisants. En voici des exemples:

	MESURÉ	CALCULÉ
Amide myristique. . . .	2.160,6 cal.	2.163 cal.
Diamide succinique . . .	509,7	511
Phtalimide	850,2	850
Anilide acétique.	1.016,8	1.015
Dianilide phtalique . . .	2.383,2	2.383

Si le composé étudié comprend d'autres fonctions que la fonction amide, ces fonctions entrent en ligne de compte de la manière et avec la valeur habituelles, comme l'indiquent les exemples suivants:

	MESURÉ	CALCULÉ
Acide anilosuccinique . .	1.166,5 cal.	1.168 cal.
Acide hippurique	1.012,9	1.011
Benzène arcosine	1.180,9	1.178
Leucylglycylglycine . . .	1.336,6	1.336
Diacipipérazine	476,4	476

Quand, dans le cas qui vient de nous occuper, la molécule possède en outre une liaison multiple, il faut naturellement ajouter aux appoints précédents celui qui correspond à cette liaison; il va sans dire que ce dernier apport sera compté, non pas à 28 cal. ou à 57 cal., mais à ces valeurs diminuées de 12 cal., puisqu'il y a en présence une fonction oxygénée. On connaît deux cas de ce genre, et les deux donnent des résultats très satisfaisants. C'est l'acide benzalhippurique $C^6H^5.CH:C(CO^2H)AzH.CO.C^6H^5$ et son anhydride, l'Az-lactone:

$$C^6H^5.CH:\underset{\underset{CO}{\diagup\!\diagdown}}{C}-Az.CO.C^6H^5 \quad \text{(Fischer et Wrede);}$$

le calcul donne respectivement:

$$16 \times 102 + 13 \times \frac{55}{2} + 16{,}5 + 16 - (55 + 106) = 1.861,$$

$$16 \times 102 + 11 \times \frac{55}{2} + 16{,}5 + 16 - 2 \times 55 = 1.857,$$

et l'expérience a donné pour ces deux corps: 1.855 cal. 2 et 1.859 cal.:

L'urée et les uréides simples sont des composés à fonction amide associée à d'autres fonctions et, par suite, leur chaleur de combustion doit se laisser calculer par les moyens ordinaires; les résultats s'accordent, en effet, très bien avec les valeurs expérimentales:

	MESURÉ	CALCULÉ
Ex.: Urée.	151,5 cal.	150 cal.
Diphénylurées	1 613,5 (moy.)	1.614
Formylurée	207,3	207

Mais, quand les uréides se compliquent, en particulier quand une chaîne ininterrompue se referme sur les deux atomes d'azote d'une même molécule d'urée initiale, les résultats surpassent d'environ 9 cal. en moyenne les résultats mesurés, comme si la fermeture de la dite chaîne amenait une perte d'énergie d'environ 9 cal.; en tenant compte de cette particularité, on arrive à des résultats satisfaisants:

	MESURÉ	CALCULÉ
Hydantoïne	311,9 cal.	310 cal.
Tartronyluréide	313,2	312
Acide hydrurilique (2 noyaux).	658,5	658
Acide barbiturique	359,8	357

Enfin, quand la complication augmente encore et qu'on arrive à la purine, la convention qui sert de base au calcul, tout en restant analogue à la précédente, se complique également, mais sans cesser de donner des résultats satisfaisants (il faut retrancher 26 cal.)[1].

	MESURÉ	CALCULÉ
Purine	648,5 cal.	650 cal.
2 : 6-Dioxypurine (Xanthine).	518,5	520
4-Méthyluracile	567,4	567

4. *Noyaux azotés.* — Pour les composés à noyaux azotés, comme le pyrrol, la pyridine, la quinoléine, et leurs dérivés, le carbazol, l'indol, etc., la question de la formule de constitution se pose, et la Thermochimie peut être d'un grand secours par la comparaison de la chaleur de combustion effective avec les diverses valeurs que le calcul fait correspondre aux diverses formules possibles. C'est ainsi que la pyridine peut être représentée soit par une formule genre Kékulé, soit par une formule genre Claus; dans le premier cas, le calcul donne 680 cal. et dans le second 664 cal.; or, l'expérience donne: 665 cal., favorable, ici comme dans le cas des carbures cycliques, aux formules genre Claus exemptes de doubles liaisons. Parmi les divers résultats connus, citons:

[1] La formule est alors:

$$102\,x + \frac{55}{2}y + 16{,}5\,m - 10\,a - \Sigma\rho\varphi - 26 \text{ cal.}$$

et on néglige la liaison éthylénique entre les C n°s 4 et 5.

Digitized by Google

	MESURÉ	CALCULÉ
Quinoléines	1.123,4 (moy.)	1.127 cal.
Tétrahydroquinoléine . .	1.227,8	1.227
Carbazol	1.474,8	1.478
Indol	1.022,5	1.015
Méthylindols	1.169,8 (moy).	1.172

5. *Nitriles et composés cyanés. Carbylamines.* — Il n'y a aucune convention spéciale à propos du groupe C ⋮ Az qui caractérise les nitriles; en dépit de la triple liaison qui unit l'atome de carbone et celui d'azote, chacun d'eux conserve son appoint ordinaire 102 et 16,5 sans aucune surcharge. Par exemple, la chaleur de combustion du nitrile benzoïque sera $7 \times 102 + 5 \times \frac{55}{2} + 16,5 = 868$ cal., alors que l'expérience a fourni 865 cal. 9. Voici quelques autres exemples, empruntés soit aux nitriles simples, soit aux nitriles accompagnés d'autres fonctions :

	MESURÉ	CALCULÉ
Nitrile malonique.	395,1 cal.	394 cal.
Cyanacétate de méthyle. . .	471,9	472
Acétylcyanacétate de méthyle	683,8	686

Quant aux carbylamines, si on les considérait comme des nitriles, chacune d'elles aurait la même chaleur de combustion que le nitrile correspondant : or, j'ai montré[1] que la chaleur de combustion des carbylamines surpasse d'environ 17 cal., la valeur régulière. Ces corps ont donc une surcharge anormale d'énergie — laquelle cadre très bien avec leur instabilité et leur tendance à retourner au type nitrile — qui les fait entrer dans le groupe des composés singuliers présentant « l'isomérie dynamique ». Avec cette conception, on obtient les résultats suivants :

	MESURÉ	CALCULÉ
Méthylcarbylamine . . .	318,7 cal.	320 cal.
Ethylcarbylamine	480,4	477

6. *Composés nitrés, nitrosés, éthers nitriques.* — Dans tous ces corps, la présence de l'oxygène équivaut encore à un commencement de combustion, c'est-à-dire à une perte d'énergie; mais, comme la combustion touche ici, non plus seulement aux atomes C et H, mais encore aux atomes Az, il faudra de nouvelles valeurs de φ pour ces cas nouveaux; en adoptant :

Composés nitrés. . . . $\varphi_9 = \frac{30}{2}$,
Composés nitrosés. . . $\varphi_{10} = 4$,
Éthers nitriques . . . . $\varphi_{11} = \frac{44}{3}$,

on peut retrouver, par le calcul, les résultats connus jusqu'ici. Voici quelques exemples :

[1] LEMOULT : *C. R.*, t. CXLIII, p. 902; 1906.

	MESURÉ	CALCULÉ
Nitrométhane.	169,8 cal.	171 cal.
Mono-nitrocamphre . . .	1.371,4	1.374
Bi-nitrocamphre.	1.335,3	1.333
Nitrosodiméthylaniline .	1.124,3	1.120
3 Nitrosonaphtols	1.168,8 (moy).	1.174
Nitroglycérine.	361,2	361
Azotate de méthyle. . .	157,9	157

Il est à remarquer que les φ ci-dessus sont beaucoup plus faibles que ceux qui correspondent aux fonctions oxy-carbonées; cela tient évidemment à ce que le commencement de combustion que traduisent ces φ intéresse surtout un élément peu combustible, l'azote, qui, par suite, perd peu quand la combustion l'entame.

7. *Composés ayant plusieurs atomes d'azote juxtaposés : hydrazines et azoïques.* — Tous les composés étudiés jusqu'ici ne contiennent jamais deux atomes d'azote juxtaposés; ils contiennent bien des groupes tels que C : Az; C ⋮ Az, à multiples liaisons entre C et Az; mais on a vu que ce ne sont pas là, au point de vue thermique, des singularités, puisqu'il ne leur correspond aucun coefficient thermique anormal. Je me suis demandé s'il continuerait à en être ainsi au cas où, deux atomes d'azote étant voisins, ils formeraient un groupe $>$Az.Az$<$ ou un groupe —Az : Az—. Comme les données expérimentales relatives aux hydrazines et aux azoïques, où l'on peut admettre la présence de tels groupes, faisaient presque complètement défaut, j'ai dû d'abord combler cette lacune importante[1].

Si on envisage la phénylhydrazine $C^6H^5AzH.AzH^2$, la diphénylhydrazide symétrique ou hydrazobenzène $C^6H^5AzH.AzH.C^6H^5$, la méthylphénylhydrazine asymétrique $C^6H^5.Az(CH^3)AzH^2$, et si on calcule leurs chaleurs de combustion à l'aide des seules données connues jusqu'ici, à savoir les appoints des différents éléments que ces composés contiennent, on trouve les valeurs :

835 cal. 1.577 cal. 1.002 cal.

Ex. : la méthylphénylhydrazine :

$$7 \times 102 + 5 \times 55 + 2 \times 16,5 - 2 \times 10 = 1.002 \text{ cal.}$$

Or, l'expérience m'a donné les valeurs respectives :

879 cal. 7 1.603 cal. 9 1.042 cal. 9.

Ces valeurs présentent, par rapport aux valeurs calculées, les différences :

44 cal. 7 36 cal. 9 40 cal. 9.

Si donc on prend comme valeur moyenne 37 cal. pour l'ajouter aux nombres calculés, on trouve des

[1] LEMOULT : *C. R.*, t. CXLIII, p. 603 et p. 772, année 1906.

Digitized by Google

valeurs théoriques : 872 cal.; 1604 cal.; 1639 cal., qui sont d'accord avec les valeurs expérimentales. Il en faut conclure que l'énergie calorifique se compose non seulement des appoints normaux de la matière contenue, mais encore d'une surcharge analogue à celle que l'on doit aux liaisons multiples entre atomes de carbone. Par exemple, au moment où se forme une molécule hydrazinique, elle emmagasine, aux dépens des réactions thermogénératrices qui l'accompagnent, cette surcharge de 37 cal. qu'elle tend à libérer, d'où sa réactivité considérable.

Si, maintenant, on examine l'azobenzène $C^6H^5.Az : Az.C^6H^5$, et le *p*-azoanisol, et que, comme ci-dessus, on calcule les appoints normaux des éléments et groupes fonctionnels oxygénés contenus, on trouve :

1.532 cal. 1.780 cal.

Ex. : le *p*-azo-anisol : $14 \times 102 + 7 \times 55 + 2 \times 16{,}5 - 2 \times 33 = 1.780$.

Or, pour ces composés, l'expérience m'a donné les valeurs effectives :

1.559 cal. 7 1.807 cal.,

soit donc les différences :

27 cal. 7, 27 cal.,

dont la moyenne, 27 cal. environ, ne peut provenir que d'un appoint négligé au cours des calculs, celui de la double liaison entre les deux atomes d'azote. Comme ci-dessus, cet appoint entrant en ligne de compte, calculs et expériences s'accordent, et il faut admettre qu'au moment où se forme une molécule azoïque, elle met en réserve une surcharge anormale de 27 cal. : ce sont là deux nouveaux cas « d'isomérie dynamique » au sens étendu que nous avons donné à ce mot. Remarquons, d'ailleurs, que la surcharge des azoïques est plus faible que celle des hydrazoïques; on sait, d'autre part, que leur réactivité est aussi moindre; nous exprimerons ces faits par les formules :

(III) $f[C^x - H^{y-a}(Az^m H^a) O^p \text{ hydrazine}]$
$$= 102x + \frac{55}{2}y + 16{,}5m - 10a - \Sigma p\varphi_r + 37.$$

(IV) $f[C^x - H^{y-a}(Az^m H^a) O^p \text{ azoïque}]$
$$= 102x + \frac{55}{2}y + 16{,}5m - 10a - \Sigma p\varphi + 27.$$

La catégorie des azoïques nous donne un nouvel exemple des services que la Thermochimie peut rendre dans l'étude des formules de constitution.

On sait, en effet, qu'on hésite, pour des raisons très sérieuses de part et d'autre, pour les oxyazoïques, en particulier l'oxyazobenzène, entre les formules :

$C^6H^5.Az : Az.C^6H^4.OH$, (*a*) $C^6H^5.AzH.Az : C^6H^4 : O$, (*b*)

et de même pour l'amidoazobenzène. Si l'oxyazobenzène a la formule (*a*), sa chaleur de combustion doit être celle de l'azobenzène $C^6H^5.Az : Az.C^6H^5$, diminuée de 51 cal., puisqu'il n'y a entre ces deux corps que la différence d'un groupe OH d'alcool tertiaire ($\varphi'_1 = 51$), soit donc : 1.508,7; si, au contraire, la formule (*b*) doit être acceptée, la chaleur de combustion calculée aura très vraisemblablement une valeur différente[1]; or, l'expérience a donné 1.509 cal. 1, c'est-à-dire qu'elle se prononce en faveur de la formule (*a*), et il en est de même pour trois autres cas analogues que j'ai étudiés. Pour les azoïques amidés, on arrive au même résultat; ces matières colorantes sont donc de véritables azoïques (*a*) et non pas des composés quinoniques (*b*); voici quelques exemples numériques qui montrent l'accord des résultats expérimentaux et calculés :

	MESURÉ	CALCULÉ
p-Amido-azobenzène . .	1.581,6 cal.	1.583 cal.
p-Amido-azo-*o*-toluène .	1.894,3	1.897
2:4-Diamido-azobenzène .	1.605,5	1.607

8. *Remarques générales.* — A la fin de cet exposé relatif aux composés azotés, on trouve place pour quelques remarques générales :

1° La présence de chaque atome d'azote dans une molécule se traduit par un gain de 16 cal. 5, qui constitue l'appoint calorifique propre de cet atome; toutefois, si cet azote est saturé par un ou deux atomes d'hydrogène, cela entraîne une perte de 10 cal. ou 20 cal., comme si cette combinaison ressemblait à une sorte de combustion;

2° Dans le cas où l'atome d'azote est lié à du carbone, il ne se produit aucune particularité thermique, même si les deux atomes échangent trois de leurs valences; toutefois, s'il s'agit des carbylamines, le mode particulier d'association du carbone et de l'azote (Az pentavalent, ou bien Az trivalent et C bivalent) se traduit par une surchage de 17 cal.;

3° Dans les cas où deux atomes d'azote sont unis par une ou par deux de leurs valences, il y a mise en réserve d'une surchage d'énergie : 37 cal. dans le premier cas et 26 cal. dans le second. Ce fait est analogue à ce qui se passe entre atomes de carbone échangeant une liaison d'ordre 2 ou d'ordre 3; de plus, quand les deux groupes Az : Az et Az — Az coexistent dans une molécule (ex. : diazo-amidobenzène), ces deux particularités ont une répercussion l'une sur l'autre;

4° Enfin, dans le cas où l'azote de la molécule est

[1] En l'absence de renseignements expérimentaux relatifs aux quinones analogues à (*b*), on ne peut préciser davantage; je me propose de combler cette lacune par l'étude expérimentale de ces corps.

Digitized by Google

engagé dans un groupe qui contient de l'oxygène, on tient compte de la présence de celui-ci en fixant de nouvelles valeurs de φ, comme on l'a vu;

5° La chaleur de formation de la molécule d'azote à partir de ses atomes est : + 33 cal.

V. — Composés avec le soufre et les halogènes.

Il reste maintenant à examiner rapidement des composés dont il n'a pas encore été question jusqu'ici, ceux dont la molécule contient du soufre ou des halogènes. Il n'y a qu'un petit nombre de ces corps qui ont été étudiés expérimentalement; aussi ce chapitre sera-il court; néanmoins, on va voir que, conformément aux résultats généraux déjà acquis, on peut fixer, pour chacun des éléments S, Cl, Br, I, un module invariable qui représente son appoint thermique à l'énergie latente du composé qui le contient, et qu'en outre on peut, pour tout groupe qui contient un de ces éléments associé à de l'oxygène, fixer une nouvelle valeur de φ valable pour tous les cas du même genre.

1. *Composés sulfurés.* — Les corps étudiés expérimentalement sont des mercaptans et des sulfures organiques, qui correspondent aux alcools et aux éthers-oxydes où l'oxygène serait remplacé par du soufre, des sulfocyanates normaux ou iso et quelques dérivés du sulfure de carbone.

Si le parallélisme entre mercaptans et alcools, entre sulfures et oxydes, était absolu, on devrait s'attendre à voir l'atome de soufre donner un appoint variable suivant qu'il fait partie d'un groupe : C.S.H ou d'un groupe C — S — C, comme cela a lieu pour l'oxygène ($\varphi_1 = 45$; — $\varphi'_1 = 51$; — $\varphi_2 = 33$ cal.). Il n'en est rien; cet atome de soufre apporte indifféremment 151 cal.; il semble donc qu'il ne soit pas en relations très étroites avec ses voisins C et H, puisqu'on peut rompre ces relations sans que cela ait une répercussion sur le bilan thermique de cette rupture; en d'autres termes, le soufre est simplement un voisin, tandis que l'oxygène serait un conjoint, et la « fonction mercaptan », par exemple, si ce terme a un sens, est moins qu'une simple copie de la « fonction alcool ». Voici un exemple détaillé du calcul et quelques-uns des résultats de comparaison entre valeurs mesurées et calculées :

L'amylmercaptan $C^5H^{11}SH$ donne :

$$5 \times 102 + 6 \times 55 + 151 = 991 \text{ cal. Mes. } 989 \text{ cal.}$$

	MESURÉ	CALCULÉ
Sulfure d'amyle.	1.775,7 cal.	1.776 cal.
Sulfocyanate d'éthyle. . .	613,8	611
$C^2H^5 - Az = C(SCH^3)^2$. . .	1.130,05	1.131
Thioacétylacétate d'éthyle.	1.606	1.600
Thiophène (form. Claus). .	670,9	669

Il convient encore de remarquer que la présence du soufre ne paraît pas influencer l'appoint d'une liaison éthylénique (par exemple sulfure d'allyle), contrairement à ce que fait l'oxygène.

Toutefois, la position respective du soufre et des atomes voisins n'est pas absolument indifférente; en effet, quand l'atome S appartient à un groupe C : S, son appoint est inférieur de 12 cal. à ce qu'il est d'ordinaire. En voici quelques exemples :

	MESURÉ	CALCULÉ
Isosulfocyanate de méthyle.	442,6 cal.	442 cal.
Isosulfocyanate d'allyle . .	732,6	729 [1]
$(CH^3)^2Az.C(:S)SC^2H^5$	1.122	1.119
Thio-urée	342,8	344

Si l'on compare l'appoint ordinaire de l'atome de soufre (151 cal.) à la chaleur de combustion du soufre cristallisé (210 cal. 1), on en déduit que la chaleur de formation de la molécule de soufre, à partir de 2 atomes constituants, est -2×59 cal. 1.

2. *Composés halogénés.* — On sait que la précision des mesures thermiques par la bombe calorimétrique est notablement inférieure avec les composés halogénés à ce qu'elle est d'ordinaire; par suite, même avec une méthode de calcul supposée parfaite, l'accord entre valeurs calculées et valeurs mesurées ne saurait être aussi satisfaisant que dans les cas examinés antérieurement; on peut cependant, en s'inspirant des principes qui nous ont guidés jusqu'ici, établir une méthode de calcul; nous avons adopté pour appoint de l'atome de chacun des halogènes les valeurs suivantes :

Chlore.	— 15 cal. 5,
Brome.	— 0 cal. 5,
Iode.	+ 11 cal.,

avec lesquelles ont été établies les comparaisons suivantes :

	MESURÉ	CALCULÉ
Chlorure de méthyle	168,8 cal.	169 cal.
Chlorure d'éthylidène	285,6	283
Éthylène perchloré C^2Cl^4. . .	143,1	142
Acide monochloracétique . .	166,2	165
Chlorbenzamide.	803,6	805
Dibromophénol	670,4	670
Bromure de propylidène. . .	470,2	470
Iodure d'isopropyle	509,1	509,5
Iodoforme.	161,9	162,5
Pyrrol iodé	503,1	502

Dans les chlorures et bromures d'acides, il faut fixer, pour caractériser l'atome d'oxygène, la valeur du φ correspondant; il se trouve que la valeur 45 cal correspondant aux cétones est valable ici. En voici quelques exemples :

	MESURÉ	CALCULÉ
Chlorure de trichloracétyle .	95,4 cal.	97 cal.
Chlorure de butyryle norm .	540,6	540
Bromure d'acétyle.	239,2	241

[1] La liaison éthylénique apporte 28 cal., comme si le composé étudié était un carbure.

Digitized by Google

La comparaison entre les appoints respectifs des atomes de Cl, Br, I et la chaleur de combustion nulle des molécules Cl^2, Br^2, I^2 montre que la chaleur de formation de ces diverses molécules à partir de leurs atomes respectifs s'élève respectivement à :

+ 31 cal. + 1 cal. — 22 cal.

VI. — Formule générale.

D'après ce qui précède, il serait facile d'établir une formule qui donnerait, dans le cas le plus général du composé saturé :

$$C^xH^{y-a}(Az^mH^a)O^pS^nCl^rBr^sI^t\ldots,$$

sa chaleur de combustion théorique [ce serait :

$$f[C^xH^{y-a}(Az^mH^a)O^p\ldots] = 102x + \frac{55}{2}y + 16{,}5m - 10a + 151n - 15{,}5r - 0{,}5s + 11t - \Sigma p\varphi],$$

et de modifier cette formule, pour la rendre valable dans le cas des composés non saturés.

Toutefois, l'usage de telles formules est extrêmement restreint et des plus incommodes; aussi suffit-il, et cela est de beaucoup préférable, de n'établir les conclusions générales que sur les cas les plus fréquents : carbures, fonctions oxygénées, composés azotés à molécules saturées ou non saturées, auxquels correspondent les deux formules :

(1) $f[C^xH^{y-a}(Az^mH^a)O^p \text{ saturé}] = 102x + \frac{55}{2}y + 16{,}5m - 10a - \Sigma p\varphi.$

(2) $f[C^xH^{y-a}(Az^mH^a)O^p \text{ non saturé}] = 102x + \frac{55}{2}y + 16{,}5m - 10a + A - \Sigma p\varphi,$

A étant le facteur variable dont on a vu plus haut les diverses valeurs, qui correspond aux cas de surcharge énergétique : composés éthyléniques, acétyléniques, tri et tétraméthyléniques, carbylamines, hydrazines, azoïques.

VII. — Représentation graphique.

Pour les carbures saturés, la chaleur de combustion z est donnée par $z = 102x + \frac{55}{2}y$; cette équation représente un plan P, et les cotes au-dessus de xOy de points convenablement choisis dans ce plan représentent les chaleurs de combustion de tous les carbures; le choix de ces points est très facile; pour les carbures cycliques, on a $y = 2x + 2$; la ligne d'intersection D du plan P avec le plan $y = 2x + 2$ portera tous les points représentatifs, et ils seront équidistants les uns des autres, puisqu'ils correspondent à toutes les valeurs entières de x. Les carbures cycliques seront figurés par des points d'une autre droite D', intersection de P avec un deuxième plan auxiliaire $2y = x + 6$, et équidistants encore puisqu'ils correspondront aux valeurs successives de x : 6, 10, 14, etc...

S'il s'agit maintenant de composés éthyléniques, ils seront représentés par des points équidistants répartis sur une droite D_e, parallèle à D, intersection du même plan P avec un troisième plan auxiliaire $y = 2x$, et la chaleur de combustion de ces carbures sera la cote de ces points, non plus au-dessus du plan xOy, mais au-dessus d'un nouveau plan origine $(xOy)_e$ placé en dessous du premier à la cote — 28. Pour les carbures acétyléniques, nouvelle droite D_a, toujours parallèle à D et D_e, et nouveau plan origine $(xOy)_a$ à la cote — 57.

Les points marqués sur ces droites D, D_e, D_a conservent leur importance si l'on passe des carbures à leurs dérivés oxygénés; s'agit-il d'un alcool primaire, C^xH^yO, on prendra le point représentatif qui correspond au carbure C^xH^y, et sa chaleur de combustion z sera la cote de ce point non plus au-dessus du plan origine xOy, mais au-dessus du plan origine auxiliaire $(xOy)_{\text{alcool. prim.}}$, qui aura la cote positive représentée par la valeur φ correspondant à ces alcools, soit + 45 cal. Une généralisation, qu'il est à peine besoin d'indiquer, montre qu'à l'aide de ces points équidistants sur les droites D, D_e, D_a et d'une série de plans-origine, comprenant le plan xOy et des plans parallèles placés aux cotes déjà indiquées et à toutes celles qui correspondent aux valeurs de φ, on aura la représentation graphique de la chaleur de combustion de tous les carbures acycliques et de tous leurs dérivés oxygénés. Il en serait naturellement de même pour les dérivés des carbures cycliques, pour les carbures alicycliques, pour les carbures mixtes, etc...; la représentation graphique serait complète du moment où l'on aurait marqué sur le plan P le point figuratif de chacun des carbures générateurs.

On voit sans peine que la loi de l'isomérie (deux isomères de mêmes fonctions ont même chaleur de combustion) résulte, tout de suite, des considérations précédentes, puisque le point figuratif du plan P est le même pour les isomères en question (x et y invariables) et que le plan-origine des z, fixé par la nature des fonctions, est également le même pour les divers isomères.

De même, la loi de l'homologie au carbone (le remplacement d'un H lié à un carbone par un groupe CH^3 augmente la chaleur de combustion de 157 cal.) est une conséquence de tout ce qui précède; en effet, le nouveau composé s'est enrichi de CH^2 : donc il a gagné 102 + 55, soit 157 cal.; cette quantité représente la différence de niveau entre deux points figuratifs consécutifs du plan P, et, puisque le plan-origine des cotes reste invariable au cours de la comparaison, cette différence de

Digitized by Google

niveau mesure l'espace thermique qui sépare deux homologues successifs.

S'agit-il d'amines, les mêmes points figuratifs sont encore valables; seul, le plan-origine changera. Si l'amine est $C^xH^{y-a}AzH^a$, le point figuratif sera fixé par x et y et le plan P; quant au plan-origine, il sera soit au-dessus, soit au-dessous du plan xOy, à une cote définie par $16,5 - 10a$, suivant que l'amine sera primaire ($a = 2$), secondaire ($a = 1$), ou tertiaire ($a = 0$). Les lois de l'isomérie et de l'homologie au carbone resteront valables sans modifications; mais qu'arrivera-t-il si l'homologie se produit à l'azote, c'est-à-dire si un atome d'hydrogène fixé à l'azote est remplacé par un groupe CH^2? Le nouveau composé se sera enrichi de CH^2, soit 157 cal.; mais, en outre, l'amine nouvelle se sera élevée par rapport à l'amine initiale, a aura diminué de une unité, d'où un nouveau gain de 10 cal. L'homologie à l'azote se traduit donc par un gain de 167 cal., et la différence entre 157 et 167 cal. est assez forte pour que, vu l'exactitude de la méthode de la bombe calorimétrique, on puisse dire si un corps déterminé dérive d'un autre par homologie au carbone ou par homologie à l'azote.

Il va sans dire que l'homologie à l'oxygène (gain de CH^2 remplaçant un H fixé sur de l'oxygène) se traduit par un phénomène thermique variable suivant la fonction du composé initial; il y a bien encore un gain certain de 157 cal. pour le groupe CH^2, mais il y a variation de la fonction et il faut ajouter à ces 157 cal. la variation due aux termes φ: ainsi, en passant d'un acide à son éther méthylique, la variation thermique totale est de $157 + 2\varphi_s - 2\varphi_f = 157 + 16 = 173$ cal., valeur assez différente de 157 ou de 167 pour que l'expérience puisse, à ce sujet, donner des indications certaines. D'un alcool primaire à son éther méthylique, la variation serait de 169 cal.; de même, pour un alcool secondaire et pour un tertiaire, la variation serait de 175 cal.

VIII. — Conclusions.

Il est à peine besoin d'insister, après tout ce qui précède, sur les services que la Thermochimie, particulièrement la connaissance des chaleurs de combustion, peut rendre dans l'étude des formules de constitution. Connaissant la chaleur de combustion — déterminée par les auteurs les plus différents, à l'aide de la bombe calorimétrique — d'environ 600 composés déterminés, j'ai pu retrouver, par la méthode de calcul que je viens d'exposer et qui fait intervenir la constitution de ces corps, des nombres qui reproduisent ces valeurs expérimentales et qui auraient pu, à coup sûr, les faire prévoir, puisque, sur cet ensemble, il y a environ 70 °/₀ des cas où l'approximation est supérieure à 1/200 et seulement 10 °/₀ où elle est inférieure à 1/100. Encore ces exceptions comportent-elles quelques remarques générales; les premiers termes de séries: alcool méthylique, phénol, aldéhyde formique, acide acétique, méthylamines, etc., donnent toujours par l'expérience une valeur supérieure à la valeur calculée, tandis que les composés à fonctions multiples, quatre ou cinq fonctions, donnent toujours une valeur expérimentale un peu inférieure à la valeur calculée.

On peut donc, avec toute vraisemblance, et avec quelque sécurité, accepter les renseignements que donnera la Thermochimie, lorsqu'on aura comparé la chaleur de combustion expérimentale d'un composé déterminé avec les différentes valeurs théoriques qui peuvent résulter de l'adoption momentanée pour ce corps des diverses formules constitutionnelles que lui attribuent sa composition centésimale et les données chimiques qu'on aura recueillies sur lui.

Au reste, les considérations que je viens d'exposer ont reçu, dès leur apparition, une importante confirmation. M. E. Fischer, l'éminent chimiste de Berlin, regrettant l'abandon en Allemagne, depuis la mort de Stohmann, des études thermochimiques, les a reprises avec son collaborateur M. F. Wrede. Ces savants emploient la méthode de la bombe calorimétrique à l'aide d'un appareil qui est celui de Berthelot avec quelques modifications (Kroeker); cet appareil a été étalonné par une méthode purement physique et a servi à l'étude thermochimique de composés variés, de fonctions connues; les valeurs trouvées coïncident presque rigoureusement, quand il y a lieu, avec les nombres trouvés par Berthelot et ses élèves: c'est une démonstration irréfutable de la précision de la méthode Berthelot. Reprenant les déterminations en question, j'ai pu reproduire, toujours avec une approximation supérieure au 1/200, les nombres trouvés; M. Fischer, à qui j'ai communiqué les résultats de mes calculs, a bien voulu me donner une appréciation très flatteuse au sujet de la généralité et de l'exactitude de ma méthode de calcul.

Je me propose de continuer mes recherches[1] dans cette voie et serai très heureux toutes les fois qu'un de mes collègues voudra bien me confier ses produits pour que j'en fasse l'étude thermique.

P. Lemoult,
Professeur de Chimie générale
à la Faculté des Sciences de Lille.

[1] Pour les composés minéraux, la tâche paraît très difficile, en raison de la personnalité très marquée de chaque atome de métalloïde ou métal; cependant, dans certains cas, on peut fixer le module thermique de quelques métaux: 61 cal. pour le mercure par exemple; avec ce chiffre, on a pour le diméthylmercure $Hg(CH^3)^2$: Mes. 431 cal. 8; calc. 430 cal., et de même pour deux autres cas connus: mercure-éthyle et mercure-phényle.

Digitized by Google

LE ROLE DES GRANDS MOUVEMENTS HORIZONTAUX DANS LA FORMATION DES CHAINES DE MONTAGNES

Considérons un certain nombre de ces coupes idéales par lesquelles les géologues traduisent la façon dont ils comprennent la structure des diverses portions de l'écorce terrestre; ces coupes, que représentent les figures 1 à 7, sont relatives à des régions montagneuses, aux Alpes françaises et suisses, ainsi qu'aux Pyrénées. D'autre part, les unes (fig. 1 et 2) sont déjà anciennes, ce qui, en géologie de montagnes, signifie qu'elles datent de dix ou vingt ans, parfois de moins encore; les autres (fig. 3 à 7) sont, au contraire, toutes récentes. Il n'est nullement nécessaire d'être géologue de métier

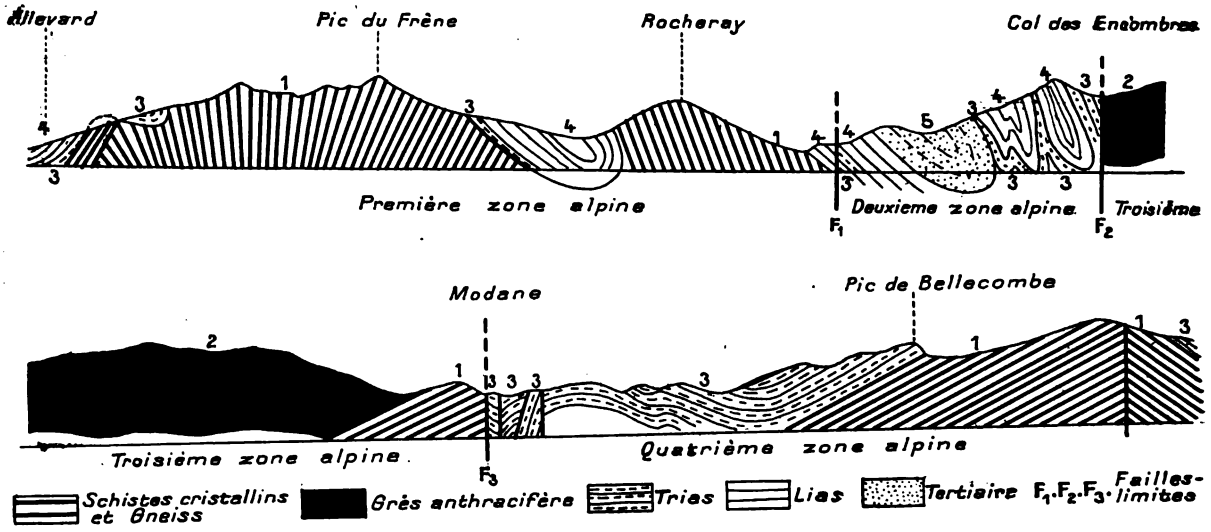


Fig. 1. — *Coupe à travers les Alpes franco-italiennes, d'après* Ch. Lory.

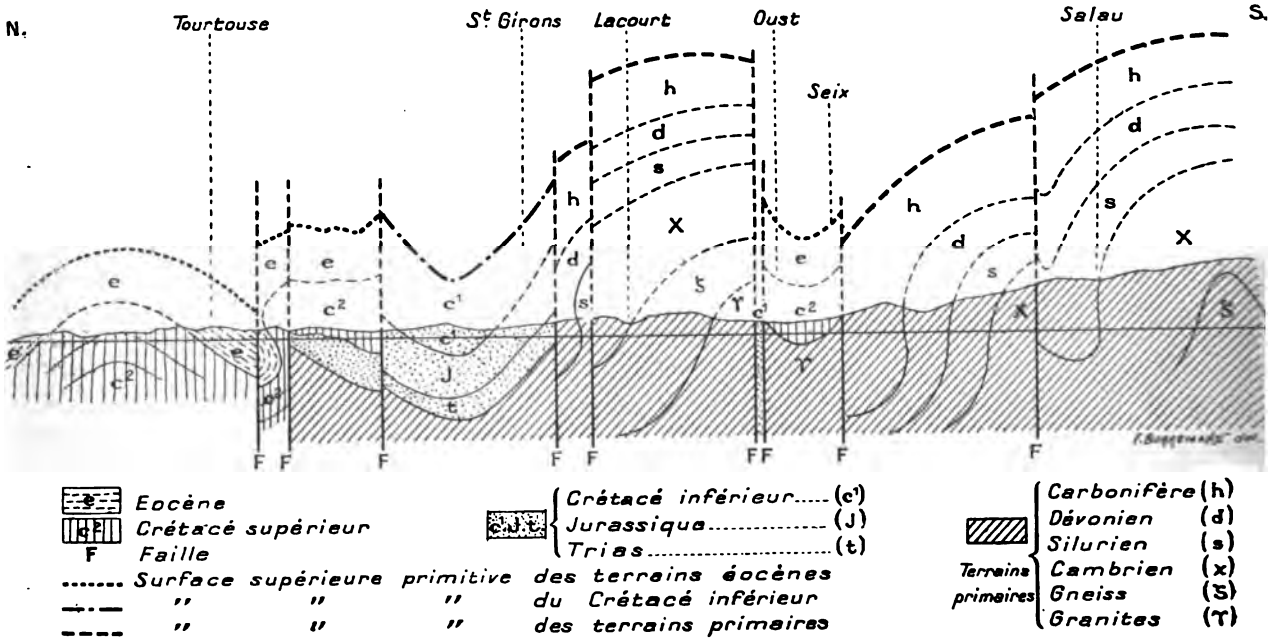


Fig. 2. — *Coupe générale du versant français des Pyrénées, dans la région du Salat.* (D'après Magnan : *Mém. Soc. Géol. France*, 2e sér., t. X, pl. II.)

Digitized by Google

pour remarquer, au premier coup d'œil, que les coupes de ces deux groupes diffèrent considérablement d'allure et qu'elles doivent certainement tra-

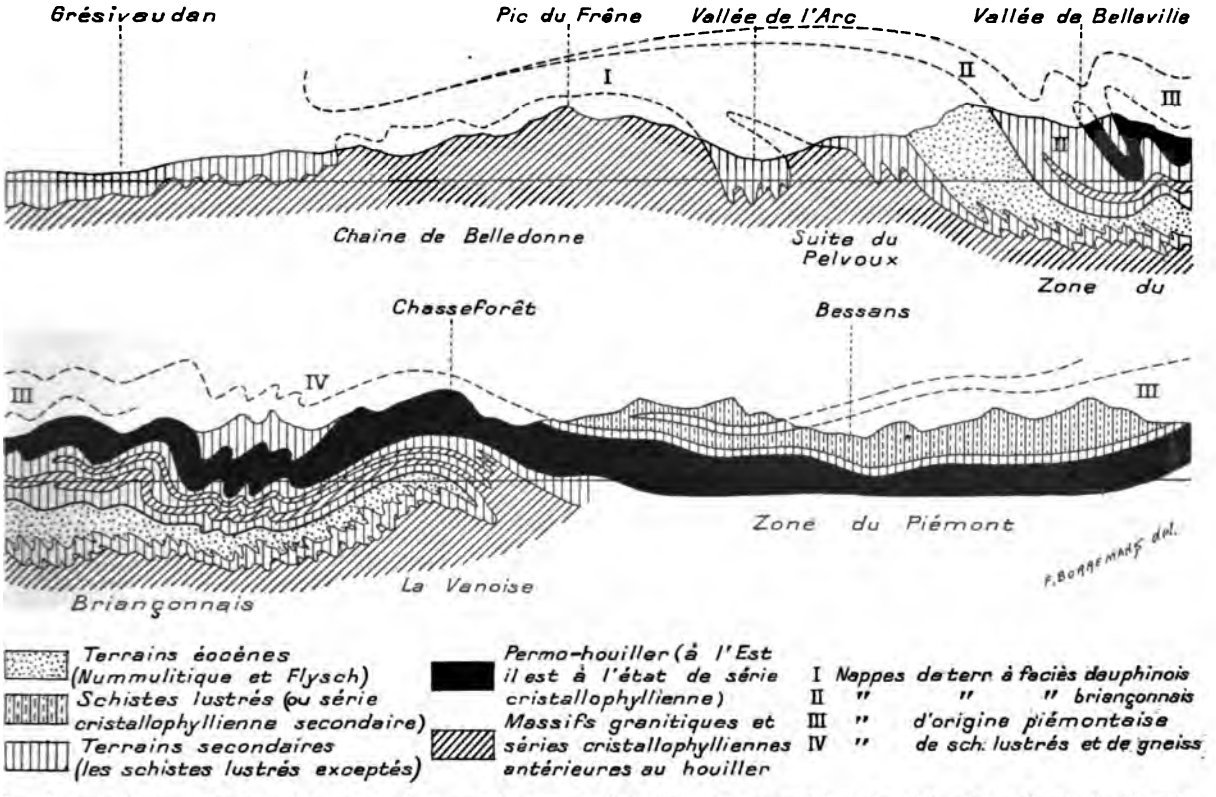


Fig. 3. — *Coupe à travers les Alpes franco-italiennes, suivant une ligne voisine de celle de la figure* 1. (D'après P. Termier : *Bull. Soc. Géol. France*, 4e sér., t. VII, pl IV, 1907). — Echelle des hauteurs et des longueurs : 1/320.000e.

duire une évolution très marquée dans les interprétations dont elles sont le reflet. Leurs différences ne consistent pas seulement, en effet, dans les multiples complications de détail que l'on doit nécessairement s'attendre à rencontrer, à mesure que les observations se précisent davantage; l'essence même des phénomènes auxquels est attribuée la formation de ces chaînes de montagnes, ou des *phénomènes orogéniques*, pour employer le langage des géologues, est tout à fait différente dans les deux séries d'interprétations que nous avons sous les yeux.

Dans les plus anciennes de ces coupes, celles des Alpes de Charles Lory (fig. 1), la continuité des couches est fréquemment interrompue par de grands accidents à peu près verticaux, par des *failles*. Celles-ci découpent la croûte terrestre en

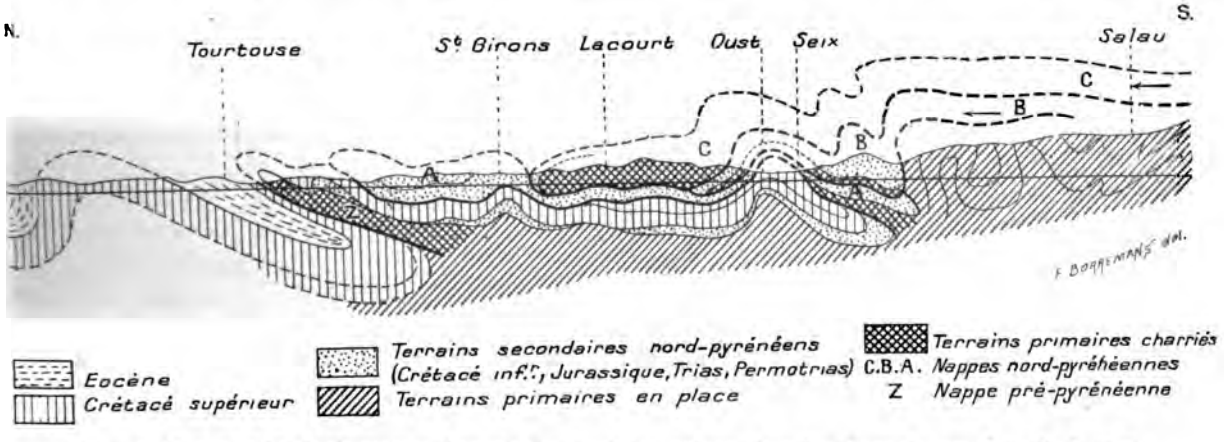


Fig. 4. — *Coupe générale du versant français des Pyrénées, suivant la même ligne de coupe que la figure* 2. (Léon Bertrand, 1907). — Echelle des hauteurs et des longueurs : 1/320.000e.

Digitized by Google

une série de compartiments qui auraient joué les uns par rapport aux autres verticalement, et cela sous l'action de forces de même direction, qu'il est donc naturel de rattacher, plus ou moins directement, à l'action de la pesanteur. Pourtant, ces coupes montrent qu'il existe aussi des replis assez accentués des couches; mais, dans l'esprit de Lory, ils étaient d'importance secondaire, et *les failles verticales étaient les accidents de premier ordre*; elles constituaient le trait capital de la structure des Alpes, qu'elles divisaient en grandes zones longitudinales ayant eu une histoire indépendante depuis la fin des temps primaires. Pour les Pyrénées, le rôle primordial des failles et, par suite, des mouvements verticaux est tout aussi accusé dans les coupes dues à Magnan (fig. 2) ou même à certains auteurs plus récents.

Au contraire, dans les coupes données récemment par la plupart des géologues qui s'occupent actuellement de géologie de montagnes, — par exemple dans les coupes au travers des Alpes suisses (fig. 5, 6, A), dues à divers auteurs; ou dans les coupes toutes récentes de M. Termier (fig. 3), qui traversent les Alpes françaises, ou encore dans celle où j'ai essayé de traduire la façon dont je comprends la structure des Pyrénées ariégeoises (fig. 4), — on n'observe plus de semblables failles, ou, du moins, ce n'est qu'à titre tout à fait exceptionnel et comme complication accessoire d'un phénomène bien plus général. Ce que l'on y voit dominer, ce ne sont plus des accidents verticaux, mais *des accidents témoignant de refoulements horizontaux* et qui, pour la plupart, sont le résultat de l'exagération de ces replis de couches sédimentaires que les géologues appellent tout simplement des *plis*. Parmi ceux qui sont figurés sur les coupes en question, les uns sont directement visibles sur le terrain et peuvent même souvent être photographiés. D'autres ne sont accessibles à l'observation que par les travaux profonds, surtout par les grands tunnels qui se sont multipliés en ces derniers temps; le tunnel du Simplon a été, en particulier, d'un grand secours aux géologues et a permis d'y constater la superposition de plusieurs de ces plis. D'autres, enfin, ne sont que le résultat de la coordination d'observations isolées et laissent une certaine part à l'hypothèse; mais cette part est devenue souvent si faible, par la concordance de multiples observations, que l'on peut alors affirmer que scientifiquement elle n'existe pour ainsi dire plus.

Nous supposerons, dans une première approximation, que ces coupes sont exactes; plus tard, nous les reprendrons en détail et verrons sur quels documents elles ont été établies. Nous serons alors amenés à constater que, si certains de leurs détails peuvent s'interpréter de façons un peu différentes, du moins *l'allure générale des phénomènes qu'elles nous montrent est bien établie.*

On sait maintenant que ces plis sont le résultat de compressions sensiblement horizontales, et l'on a, d'ailleurs, pu réaliser expérimentalement, par de telles compressions exercées sur des matières appropriées, toutes les apparences de ces plis qui s'observent dans la Nature. En particulier, il est rare que ces plis soient symétriques, et, souvent même, dans les régions qui ont été le plus fortement atteintes par ces phénomènes, ils ont été très fortement *couchés*. On les voit alors, comme sur ces coupes (fig. 3-7), se recourber et s'empiler les uns par-dessus les autres, comme des arbres ployés ou même entièrement couchés et déracinés sous l'action d'un violent ouragan.

Dans certains cas, qui se montrent de plus en plus fréquents et qui seront ceux dont nous aurons à nous occuper le plus spécialement, des paquets de terrains relativement assez anciens se rencontrent isolés en des points culminants et entourés de toutes parts par des terrains plus récents, qui manifestement s'enfoncent au-dessous d'eux; nous sommes alors en présence de *lambeaux de recouvrement* ou de témoins, plus ou moins continus, de *nappes de charriage*. Pour certains de ces lambeaux, les terrains s'y montrent très différents, par leurs faciès géologiques, de ceux de même âge stratigraphique qui se rencontrent dans leur substratum ou dans la région avoisinante; pour retrouver des couches semblables, il faut aller très loin, et l'on dit alors que l'on a affaire à des *lambeaux exotiques*. La taille de ceux-ci peut d'ailleurs être très variable, depuis des massifs assez importants, comme une région de nos Alpes de la Haute-Savoie dite région de la *Brèche du Chablais* (à cause de l'énorme développement qu'y prennent certaines formations bréchoïdes, qui doivent se rapporter au Jurassique), jusqu'à de simples rochers isolés ou même à de vrais blocs rocheux disséminés à la surface du sol, comme les *Klippes*, qui ont si longtemps embarrassé les géologues suisses et fait couler tant d'encre avant qu'on en eût reconnu l'origine charriée.

Dans tous ces cas, l'intervention de déplacements horizontaux de grande amplitude ou de *charriages*, pour employer la terminologie actuelle, paraît bien être la seule qui, dans l'état de nos connaissances, puisse rendre compte des faits observés. D'autre part, il est souvent possible de suivre la continuité de ces nappes jusqu'à des plis authentiques; elles *s'enracinent* alors par ces plis profonds, comme le montrent des coupes des Alpes dans la région du Simplon et du Mont-Rose ou dans celle du Tessin (fig. 6), et *le phénomène du charriage apparaît là*

Digitized by Google

comme l'exagération du processus de plissement. Mais, dans d'autres cas, les traces d'un plissement originel n'apparaissent pas aussi nettes, et le phénomène principal semble avoir été plutôt une sorte de gigantesque *glissement*, souvent accompagné d'un *décollement* à la limite de certaines formations géologiques, qui aurait entraîné certains fragments peu épais de la croûte terrestre suivant une *surface de charriage*, à peu près parallèle à la surface extérieure de celle-ci. Les nappes de cette seconde catégorie n'auraient pas de racines profondes.

Que l'on ait, d'ailleurs, affaire à l'un ou à l'autre de ces deux modes, il est manifestement le résultat de *mouvements* horizontaux (ou *tangentiels*, comme le disent les géologues, lorsqu'au lieu de considérer seulement une faible portion de la surface terrestre, ils rapportent la direction de ces mouvements au globe tout entier). Il y a là, vis-à-vis de l'ancienne interprétation, une différence fondamentale dans la conception du mécanisme par lequel se seraient principalement formées les chaînes de montagne et, par suite aussi, dans la conception de la cause immédiate qui les a produites.

Le problème de la *formation des chaînes de montagnes* est, d'ailleurs, un de ceux qui ont le plus anciennement excité la curiosités des naturalistes, depuis le jour où la démonstration a été faite que, jusque sur les sommets les plus élevés de certaines chaînes, on retrouve des couches primitivement déposées dans le fond d'une mer et qui ont gardé la trace indiscutable de cette origine par les organismes qui s'y rencontrent. C'est l'un des problèmes que les géologues se sont le plus attachés à résoudre, mais c'est aussi l'un de ceux où les idées ont le plus évolué en ces derniers temps et évoluent encore de jour en jour. C'est donc une de ces questions de science non faite, mais en train de se faire, qui ont toujours constitué le sujet préféré et la vraie destination des enseignements du Collège de France. Il n'est, du reste, pas question, dans le programme de mes leçons de cette année en cet Établissement, de traiter ce problème général de la formation des chaînes de montagnes, non plus que d'étudier les lois si intéressantes qui se dégagent déjà de ce que nous savons sur la répartition des chaînes actuelles à la surface du Globe et sur celle des chaînes plus anciennes et aujourd'hui disparues, dont la Géologie seule nous enseigne l'existence à divers moments de l'évolution physique de la surface de la Terre.

C'est seulement une question spéciale du phéno-

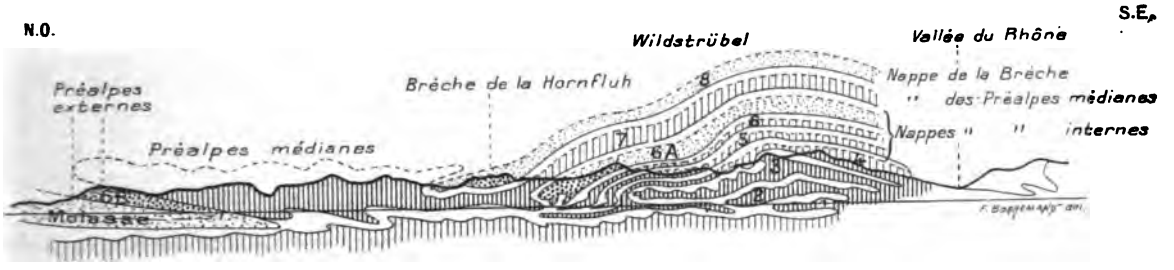


Fig. 5. — *Coupe schématique du front Nord de la chaîne alpine à travers les Hautes-Alpes bernoises et les Préalpes* (M. Lugeon, 1902). — 1-8. Nappes charriées et superposées les unes aux autres (les vides laissés entre les nappes ne sont là que pour faciliter la lecture du dessin).

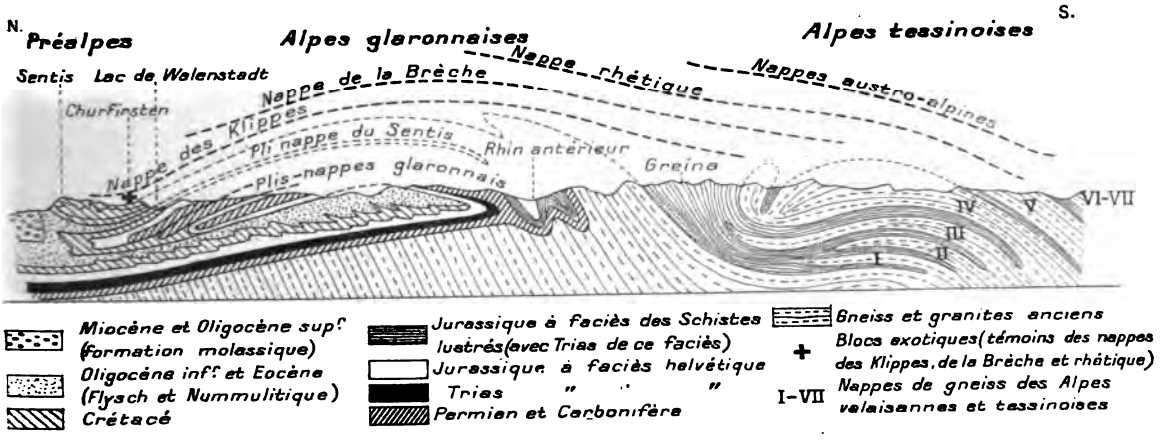


Fig. 6. — *Profil géologique des Alpes Suisses, suivant le méridien du Lac de Côme.* (D'après H. Schardt, 1906). Echelle : 1/650.000e.

Digitized by Google

mène orogénique pris en lui-même, du rôle des grands déplacements horizontaux ou *charriages* dans la production des grandes chaînes, que j'essaierai d'exposer. Nous commencerons par partir des faits aujourd'hui bien établis par l'étude récente des Alpes et des Pyrénées, sans aucun parti pris d'interprétation théorique et sans nous aventurer sur le terrain des hypothèses qui ont été faites pour expliquer les grands déplacements horizontaux dont nous arriverons à constater l'existence. Ce n'est qu'après avoir étudié les faits en bien des points que, peut-être, nous nous hasarderons à discuter ces hypothèses, et je crains bien, d'ailleurs, que nous n'arrivions, pour le moment, qu'à une conclusion assez peu satisfaisante. Si nous avons, en effet, un nombre déjà suffisant de faits bien établis qui nous permettent d'entrevoir certaines modalités différentes des charriages, nous ne connaissons ceux-ci que par leurs effets sur les couches qu'ils ont affectées et nous n'avons encore guère de données précises sur leur mécanisme et encore moins sur leur cause.

I

Avant d'entrer dans le corps de mon sujet, je crois qu'il n'est pas inutile, pour ceux de mes lecteurs qui ne seraient pas familiers avec les questions de Géologie générale, de rappeler quelques notions préliminaires.

L'aspect plissé, contourné et disloqué que montrent les couches dans les flancs des montagnes avait depuis longtemps frappé les naturalistes. Ils avaient été amenés à l'opposer à la régularité des couches en pays de plaines, où elles se montrent d'ordinaire horizontales ou presque horizontales, alors que ce n'est que très exceptionnellement qu'elles se rencontrent de la sorte dans les pays de montagnes (du moins dans les *vraies* montagnes, en laissant en dehors de cette appellation les pays où l'on n'a affaire qu'à l'érosion d'un plateau formé de couches tabulaires, si accidenté qu'en puisse être le relief). Les vraies régions de montagnes sont indiquées, sur une carte géologique, par un aspect rayé très caractéristique, tenant au peu de place qu'occupent en plan les diverses bandes de terrains, qui s'y présentent souvent par leur tranche; dans les autres régions, au contraire, les divers terrains s'étalent sur de larges surfaces et les sinuosités de leurs contours sont dues à la simple action de l'érosion.

Pour les vraies montagnes, telles que les Alpes ou les Pyrénées, la rencontre de couches horizontales ou à peine inclinées est un véritable accident, et, lorsque nous nous trouvons actuellement en présence de ce cas, si paradoxal que puisse paraître ce que je vais dire, nous entrons immédiatement en défiance à l'égard de cette régularité, qui ne nous dit rien qui vaille, et nous commençons tout de suite à chercher par quelle série de vicissitudes ont dû passer ces couches, avant de reprendre, par hasard, une horizontalité parallèle à leur position primitive. Cela s'applique, en particulier, au cas où les couches sont très anciennes et ont dû subir le contre-coup de plusieurs mouvements orogéniques successifs, comme il arrive pour ces gneiss qui se montrent en voûtes très régulières dans les Alpes du Valais et du Tessin.

La notion que *les chaînes de montagnes sont des zones plissées de l'écorce terrestre* est une notion déjà assez ancienne, et peu à peu, d'ailleurs, ces deux termes en sont arrivés à devenir presque équivalents pour les géologues. On peut dire qu'actuellement, lorsqu'un géologue se trouve en présence de couches très plissées, elles évoquent immédiatement et invinciblement en lui l'idée d'une chaîne de montagnes en cet emplacement, même si la région n'en porte aucune trace en son relief actuel. Il arrive ainsi à la conclusion, qui lui semble toute naturelle, alors qu'elle peut paraître d'une hardiesse invraisemblable au profane, que sur l'emplacement des collines de la Bretagne, de la Forêt de l'Ardenne et de maints endroits aussi peu accidentés, où l'aspect rayé d'une carte géologique rappelle celui des Alpes, se sont dressées autrefois des chaînes de montagnes aussi importantes que les Alpes ou les Pyrénées, et même que les Alpes ou les Pyrénées *dans leur état initial*, car ces chaînes ne sont déjà plus que les ruines d'elles-mêmes.

La durée colossale du temps qui a été nécessaire pour raser aussi complètement des édifices de cette importance n'est pas une objection capable de jeter le doute dans l'esprit du géologue; car il sait que, s'il a été jusqu'ici impossible d'évaluer avec une certaine précision la durée des temps géologiques, du moins l'ordre de grandeur des nombres auxquels on est parvenu, par des considérations multiples, est certainement adéquat à la durée qu'il est nécessaire d'imaginer pour cette destruction.

Par suite, une chaîne de montagnes est définie, pour le géologue, non par le relief, caractère purement topographique et qui a pu disparaître dans le cours des temps géologiques, mais par certains caractères profonds de sa structure interne, qui sont incomparablement plus durables. Il est facile de concevoir, par les coupes des figures, que ces caractères se simplifieront progressivement quand la chaîne disparaîtra en tant que relief, en entraînant dans sa ruine bien des détails intéressants de sa structure, comme le montrent ces coupes des Alpes lorsqu'on enlève tout ce qui dépasse la cote 0

Digitized by Google

Mais pourtant il subsistera toujours de cette structure certaines traces, qui permettront, au moins, de dire que, *sur un emplacement déterminé, il y a eu une chaîne de montagnes, à une certaine époque géologique*, et qui, en outre, permettront souvent encore de préciser divers détails de la structure de cette chaîne.

Il est bien évident que les détails seront plus abondants quand l'édifice montagneux sera encore partiellement conservé, mais il ne faudrait pourtant pas généraliser cette conclusion outre mesure. Une chaîne qui viendrait de se former en surgissant du sein d'un Océan, comme la Géologie nous apprend que se sont formées les diverses chaînes dont nous pouvons retrouver les traces, ne serait guère favorable aux investigations du géologue (fig. 7 B). Elle ne lui permettrait d'observer que les dernières couches formées et ne lui donnerait guère que des caractères de pure forme extérieure; cette forme serait analogue aux formes mollement arrondies que les sondages nous révèlent au fond de nos Océans, où peut-être, d'ailleurs, des chaînes futures sont en voie de préparation, comme par exemple dans l'axe de l'Atlantique, marqué par un bombement longitudinal très accentué.

Une chaîne en partie détruite par l'érosion sera d'une étude bien plus fructueuse pour le géologue; il lui sera souvent encore facile d'en reconstituer les caractères extérieurs originels ou le *relief structural*, si cette chaîne n'est pas trop ancienne. D'un autre côté, l'examen des coupes fournies par les profondes vallées le renseigne avec assez de précision sur la structure intime à laquelle la chaîne doit d'avoir atteint ce relief initial (fig. 7 A). Donc *une érosion moyennement avancée*, avec de profondes vallées séparant des parties culminantes encore élevées, *constitue la meilleure condition pour étudier la structure d'une chaîne plissée*. A cet égard, les Alpes et les Pyrénées, quoique d'âges un peu différents et, par suite, inégalement érodées, se montrent dans des conditions très favorables. Cette circonstance, jointe à ce que ce sont actuellement les chaînes les mieux connues, justifie le choix que nous en avons fait pour étudier, d'une façon concrète, les diverses modalités suivant lesquelles s'y présentent les charriages.

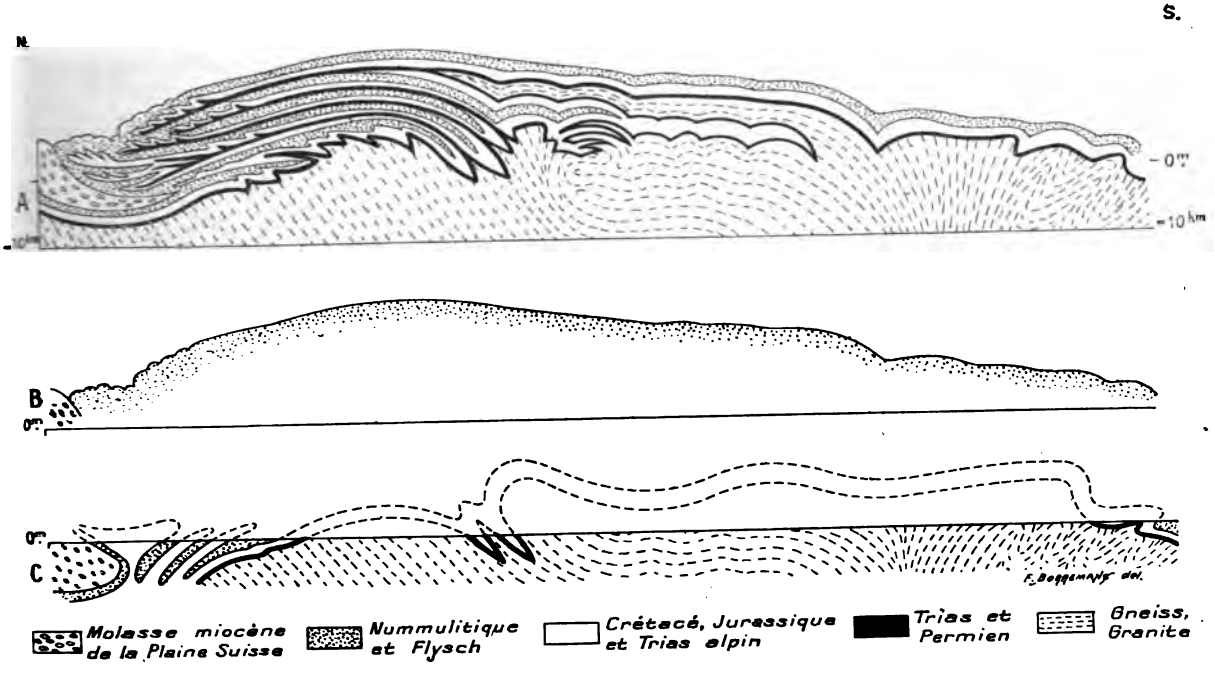


Fig. 7. — A. *Coupe schématique à travers les Alpes Suisses* (C. Schmidt, 1907), *indiquant ce que l'on peut prévoir de leur structure dans l'état actuel de l'érosion.* (Cette coupe diffère de celles de Lugeon et de Schardt par divers détails importants, mais néanmoins l'allure générale est la même.)

B. *Ce qui aurait été possible de voir avant le début de l'érosion* (*relief structural*).

C. *Ce que l'on verrait si l'érosion avait fait disparaître tout relief et réduit les Alpes à l'état actuel des anciennes chaînes.* — Indication (en pointillé) de la façon très simplifiée dont on interpréterait probablement leur structure dans ces conditions.

Par contre, *les chaînes plus anciennes*, celles qui s'étaient faites aux temps primaires et qui ont été entièrement rasées, sont bien trop érodées pour avoir pu conserver, autrement que d'une façon accidentelle, la trace de ces accidents relativement assez superficiels que sont les charriages (fig. 7 C); pourtant elles ont été d'un très utile secours, même pour ces accidents. C'est ainsi que, dans la *chaîne hercynienne*, celle qui s'était formée vers la fin des temps primaires, on a rencontré des recouvrements

Digitized by Google

indiscutables sur le bord méridional du Bassin houiller franco-belge; c'est par l'*observation directe*, fondée sur des sondages multiples, qu'y a été démontrée la superposition certaine, aux dépôts houillers, de couches plus anciennes (fig. 8). Cet exemple indéniable, mis en lumière par M. Gosselet, le doyen actuel de la Géologie française, a été plus tard, comme nous allons le voir dans un moment, d'un grand secours à Marcel Bertrand pour l'explication de la structure alpine.

Mais les phénomènes de charriages paraissent néanmoins être bien moins fréquemment conservés dans les anciennes chaînes que dans les plus récentes, ce qui ne veut nullement dire que je pense qu'il y aient été moins fréquents. Au contraire, l'identité observée entre les exemples qui y ont été reconnus et ceux que nous connaissons dans les chaînes récentes est un indice permettant, jusqu'à preuve du contraire, de penser que *les phénomènes orogéniques ont dû être de même nature dans toutes les chaînes*. Cette hypothèse très vraisemblable nous permet alors, par induction et toujours jusqu'à preuve du contraire, de nous servir des documents fournis par les chaînes anciennes pour prévoir ce qui doit probablement exister dans les chaînes plus récentes au-dessous de la partie qui en est accessible à nos observations et, par suite, d'en compléter les coupes d'une façon hypothétique.

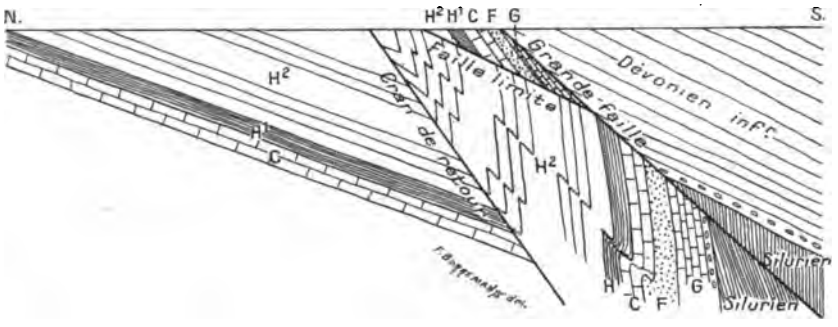


Fig. 8. — *Coupe théorique du Bassin houiller franco-belge, d'après* M. Gosselet. — H², Houiller; H¹, Westphalien inférieur; C, Calcaire carbonifère (Dinantien); F, Famennien; G, Frasnien, Givétien.

Les chaînes récentes seront celles où nous devons nous attendre à rencontrer, le plus fréquemment, les plis couchés et les nappes à grand cheminement horizontal, souvent même plongeantes dans leur partie antérieure; les chaînes anciennes seront surtout des régions de racines pour ces accidents, lorsqu'ils ont été du type enraciné.

On peut tirer de cette remarque une conséquence d'un certain intérêt, au point de vue du développement historique de ces questions tectoniques, aujourd'hui si passionnantes et qui pourtant sont restées, pendant une bonne partie du XIXe siècle, au second plan parmi les préoccupations de la plupart des géologues. Les travaux des géologues du début du siècle dernier ont porté, de préférence, sur les régions les plus accessibles, partant les plus voisines des grandes villes, Paris et Londres en particulier, où justement ne se montrent que des couches tertiaires ou secondaires à peine dérangées de leur horizontalité primitive, ou bien, en s'éloignant un peu davantage, des couches primaires seulement visibles sur l'emplacement d'anciennes chaînes entièrement arasées. Les conditions étaient donc peu favorables à la découverte des grands mouvements horizontaux : les témoins qui, dans les anciennes chaînes, peuvent subsister des masses charriées originelles sont tellement séparés, en général, de leur région de racines ou de leur emplacement primitif, que la connexité avec ceux-ci ne peut apparaître qu'à des esprits déjà avertis par l'observation de phénomènes de même ordre dans les régions où ces phénomènes sont bien plus évidents, c'est-à-dire dans les chaînes plus récentes.

Dans la première moitié du siècle dernier, un voyage aux Alpes ou aux Pyrénées était encore une expédition, sauf pour les géologues locaux, qui étaient d'ailleurs assez rares, à l'exception des Suisses, que, pour cette raison, nous aurons à citer les premiers lorsque nous suivrons le développement historique de la notion des charriages. Ce n'est que lorsque les communications furent devenues incomparablement plus faciles par le développement des moyens de transport rapides, qu'une étude systématique et active de nos grandes chaînes a pu être entreprise.

En tout cas et quelle qu'en soit, d'ailleurs, la cause, nous sommes obligés de constater que, pendant une bonne partie du XIXe siècle, la plupart des géologues sont restés assez indifférents à ces sortes de questions. Ils ne connaissaient guère que les failles verticales comme accidents susceptibles d'expliquer les irrégularités de contact des couches, parce qu'ils n'avaient eu l'occasion de constater que l'existence de cassures analogues dans les couches des régions qui avaient été jusque-là les mieux étudiées. Ils étaient essentiellement stratigraphes et paléontologistes et ne s'intéressaient guère qu'à la découverte des fossiles et à l'établissement de zones de plus en plus nombreuses dans la série des terrains stratifiés. Lorsque le contact de deux couches n'était pas celui que prévoyait le tableau

Digitized by Google

des superpositions stratigraphiques régulières, ils se bornaient à dire qu'il y avait une faille entre les couches dont le contact était anormal, et, ayant ainsi mis leur esprit en repos par ce simple mot, souvent ils ne se préoccupaient aucunement de savoir comment cet accident avait pu se produire. Oserai-je même dire que ces failles, auxquelles on n'attribuait, au reste, guère d'importance, n'ont été parfois qu'un moyen commode de combler une lacune dans les observations? Fort heureusement, ces temps sont finis, et actuellement, si tous les géologues n'ont pas eu l'occasion, dans leurs travaux sur le terrain, d'observer les dislocations importantes dont nous aurons à nous entretenir, du moins en connaissent-ils et en admettent-ils généralement l'existence.

II

Si j'ai insisté aussi longuement sur ces considérations, c'était pour faire ressortir le mérite qu'ont eu, dès le début du siècle dernier, certains précurseurs en ces questions, qui ont attaché leurs noms à des essais sur les systèmes de montagnes. Comme ces premiers essais n'ont pas abordé la question spéciale des grands déplacements horizontaux, je me bornerai à citer ici les noms de Léopold de Buch, puis d'Élie de Beaumont, l'un des titulaires de la chaire d'Histoire naturelle des Corps inorganiques du Collège de France, chaire qu'il a occupée de 1832 à 1875. Élie de Beaumont a nettement comparé les chaînes de montagnes à des « parties de l'écorce terrestre dont l'étendue horizontale a diminué par l'effet d'un écrasement transversal », et cela sous l'action d'une contraction générale du globe terrestre, dont la croûte a dû se bosseler pour continuer à s'appliquer sur le liquide intérieur (*Notice sur les systèmes de montagnes*, 1852). Malheureusement, des exagérations manifestes de théorie, dues surtout à la préoccupation mathématique de renfermer les faits dans des lois géométriques simples et *a priori*, l'ont conduit à substituer le principe de la direction à celui de la continuité, qui est si fécond dans l'étude des dislocations de l'écorce terrestre, et l'ont amené à s'écarter de plus en plus de la Nature et à formuler des conclusions qui ont dû être abandonnées depuis lors. Mais il serait injuste d'oublier l'œuvre considérable qu'il avait réalisée en établissant, avec Dufrénoy, une carte géologique de la France au 1 : 500.000e, qui est restée, de 1840 à 1888, la seule carte d'ensemble que nous ayons eue pour notre pays. Il ne faut pas oublier non plus qu'il a beaucoup contribué à l'essor qu'ont prises les recherches sur le terrain, dont est dérivée, pour la France, la connaissance des grandes lignes de sa structure; Élie de Beaumont fut, en effet, le premier Directeur du Service de la Carte géologique de la France.

En continuant, sans ordre bien précis, l'énumération sommaire de ceux qui ont principalement contribué à l'édification des théories orogéniques actuelles, nous sommes amené à évoquer le souvenir des premiers géologues suisses, qui étaient particulièrement bien placés pour nous donner, au sujet de la chaîne alpine, la clef des énigmes tectoniques qui s'y rencontrent presque à chaque pas. Dès la première moitié du XIXe siècle, Studer et Escher de la Linth avaient déjà bien interprété les plis, et même ce dernier, en 1840, avait déjà compris les chevauchements de couches plus anciennes sur de plus récentes dans les Alpes glaronnaises, qui étaient destinées à devenir la région classique pour l'étude de ces accidents. Entre 1860 et 1870, Gerlach avait reconnu que, dans la région du Simplon, les gneiss d'Antigorio reposent sur des micaschistes (qu'on sait actuellement être d'âge secondaire), par suite d'un grand pli couché.

Il me faut maintenant évoquer la grande figure de l'illustre géologue viennois Édouard Suess ; en 1875, dans son Mémoire : *Die Entstehung der Alpen*, il mettait en évidence l'unité de la chaîne alpine, la part prépondérante des efforts tangentiels dans sa formation et le refoulement de cette gigantesque vague terrestre contre les massifs anciens et solides du « Vorland » ou Avant-pays. En 1882, commençait la publication de cette puissante œuvre de synthèse : *La Face de la Terre*, que connaissen tous ceux qui s'intéressent, même d'assez loin, aux choses de la Géologie et dont nous attendons l'achèvement avec impatience ; par cette œuvre, le maître viennois est devenu le maître incontesté de la génération actuelle des géologues en ces sortes de questions.

Entre temps, le problème qui nous occupe était entré dans une phase définitive avec Heim, le doyen actuel de la Géologie suisse. En 1878, ce savant publiait son *Mechanismus der Gebirgsbildung*, fruit de recherches très minutieuses dans les Alpes suisses, particulièrement dans la région de Glaris, dont la formation était pour ainsi dire démontée pièce à pièce. C'est dans ce Mémoire capital que fut vraiment donnée la première théorie du mécanisme intime de la formation des plissements qui fût effectivement basée sur les faits observés sur le terrain. En particulier, il y confirmait les idées de Escher et prouvait que, dans les Alpes de Glaris, de grandes régions montagneuses reposent sur une base constituée par des couches plus récentes que celles qui forment les parties culminantes. Mais, pour lui, tandis que, dans la chaîne qui sépare les vallées de Glaris de celle du

Digitized by Google

Rhin supérieur, les recouvrements se seraient faits du Sud vers le Nord, par contre les mouvements auraient eu lieu, plus au Nord, en sens inverse, donnant naissance au phénomène du double pli de Glaris (fig. 9), qui devint rapidement classique en Géologie.

Mais, dès 1884, cette théorie fut contestée par mon éminent homonyme Marcel Bertrand, dont la fin prématurée a mis la Géologie française en deuil au début de l'an dernier. Servi par une forte éducation mathématique et par un remarquable tempérament de géomètre, il aborda avec une aisance extraordinaire ces problèmes si ardus des déformations géométriques des couches et des questions de Mécanique terrestre qu'elles soulèvent. A la simple lecture du magistral Mémoire de Heim et de certaines feuilles, récemment publiées, de la Carte géologique de la Suisse, par comparaison aussi avec les faits qui avaient été mis en lumière par grande distance subis par certains fragments de l'écorce terrestre. Quelques années après avoir appliqué cette notion à l'explication des accidents glaronnais, il l'adaptait aussi à l'interprétation de la structure d'une région qui, jusqu'alors, ne s'était pas signalée aux yeux des géologues comme ayant été particulièrement troublée. Il s'agissait de la région des petites collines de la Basse-Provence, où Marcel Bertrand retrouvait, malgré une érosion intense, la trace de phénomènes de recouvrement semblables et d'une ampleur pour ainsi dire alpine ; nous verrons, d'ailleurs, plus tard que ces accidents sont la prolongation de ceux que j'ai retrouvés sur le front septentrional des Pyrénées. La Réunion ordinaire annuelle de la Société géologique de France fut tenue, en 1891, dans cette région de Provence, et l'interprétation de Marcel Bertrand y fut contrôlée. Ce fut le signal d'une sorte d'explosion de travaux montrant la généralité de ces accidents tangentiels dans les diverses parties de la chaîne alpine, d'autant plus qu'entre temps l'existence de mouvements de même nature avait été aussi reconnue avec certitude pour les chaînes plus anciennes.

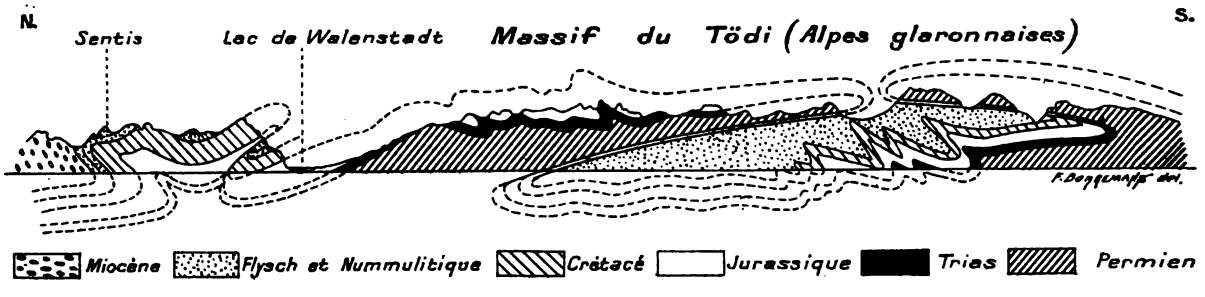


Fig. 9. — *Coupe au double pli de Glaris* (Heim, 1878), *à comparer avec la figure 6, qui indique l'interprétation actuellement admise.* — Echelle : 1/250.000.

M. Gosselet dans le Bassin houiller franco-belge, Marcel Bertrand eut l'idée que les phénomènes observés dans les Alpes de Glaris ne provenaient pas de deux plissements se faisant face, mais d'un seul mouvement dirigé du Sud vers le Nord. Il y aurait eu simplement séparation, par érosion, entre les témoins situés au Nord et la région méridionale d'enracinement (fig. 6). Cette hypothèse avait pour effet, si elle était admise, d'augmenter singulièrement l'importance des chevauchements horizontaux dans la structure du bord septentrional des Alpes suisses ; dans cette même note de 1884[1], Marcel Bertrand indiquait aussi que cette interprétation devait s'étendre jusqu'aux Alpes de Savoie. Nous verrons que les recherches récentes lui ont donné raison et que Heim, après avoir défendu sa théorie du double pli, s'est rallié entièrement, l'an dernier, à l'interprétation plus générale d'un charriage unique vers le Nord.

C'est donc surtout à Marcel Bertrand qu'est due, sous la forme et avec l'ampleur actuellement admises, la notion des déplacements tangentiels à

J'ai déjà cité le premier exemple indiscutable d'un recouvrement étendu de certaines couches par de plus anciennes, signalé par M. Gosselet pour le bord méridional du Bassin houiller franco-belge. Celui-ci est enfoui sous le front septentrional de la *Chaîne hercynienne*, qui s'était faite vers la fin des temps primaires (fig. 10), exactement de la même façon que, sur certaines coupes des Alpes (fig. 5 et 7 A), on voit les dépôts tertiaires récents de la plaine suisse s'enfouir sous le front de la chaîne alpine et que, dans la figure 4, les couches nummulitiques et crétacées supérieures sont recouvertes par les terrains pyrénéens plus anciens qu'elles.

Dans l'extrême Nord des Iles Britanniques, sur la côte écossaise du canal du Minch, en face des îles Hébrides, on retrouve le bord septentrional d'une autre chaîne, encore plus ancienne, qui s'est produite vers la limite des époques silurienne et

Digitized by Google

dévonienne et qui a reçu des géologues le nom de *Chaîne calédonienne*. Dès avant 1860, le Professeur Nicol, d'Edimbourg, avait été amené à y reconnaître l'existence de plis et de failles ayant agi en sens inverse du sens normal, car le long de ces failles les couches plus anciennes avaient chevauché par-dessus de plus récentes, ce qui ne peut être évidemment qu'un mode de recouvrement tributaire de l'action des forces tangentielles. Mais ces vues remarquables, destinées à être plus tard confirmées avec éclat, n'étaient pas accompagnées des preuves décisives qui auraient été nécessaires pour faire accepter alors des nouveautés aussi subversives. Ce n'est qu'en 1883 que cette idée fut reprise, mais cette fois avec des preuves à l'appui, dans le beau Mémoire de Lapworth intitulé : *Le secret des Highlands*. Depuis lors, de nombreux et très minutieux travaux de détail n'ont fait que confirmer cette idée, en la précisant, et que démontrer, dans cette région, l'existence de multiples plans de charriage superposés.

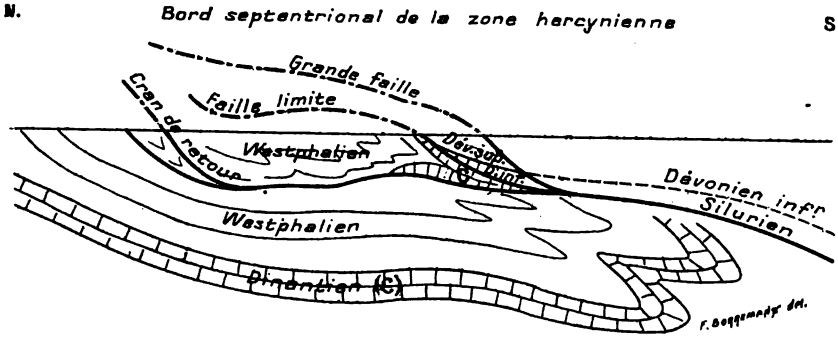


Fig. 10. — *Coupe schématique du bassin houiller du Nord (Denain et Anzin), d'après* Marcel Bertrand (*Annales des Mines*, 1898).

Cette coupe, comparée aux figures 4, 5, 7 A, montre l'identité des phénomènes de charriages sur le front de l'ancienne chaîne hercynienne et sur celui des Alpes et des Pyrénées; elle a été dessinée en sens inverse de la coupe originale de Marcel Bertrand, afin de faciliter la comparaison avec les coupes en question et celle que M. Gosselet avait donnée du même bassin (fig. 8).

De semblables phénomènes avaient aussi été indiqués en Scandinavie par Törnebohm depuis 1888, dans une suite de travaux qui aboutirent, en 1896, à la publication d'un grand Mémoire d'ensemble. Ils appartiendraient à la même chaîne que les chevauchements écossais et auraient produit, dans la partie occidentale de la Scandinavie, des chevauchements horizontaux d'une amplitude qui compterait parmi les plus fortes qui aient été signalées jusqu'ici.

En Amérique, la magistrale étude de Bailey Willis (1893), sur le Mécanisme de la structure des Appalaches, grande chaîne ancienne qui prolongeait notre chaîne hercynienne dans l'Est des États-Unis, contient beaucoup de documents intéressants sur la genèse des divers accidents qui se rencontrent dans une semblable chaîne plissée.

Donc, de toutes parts et dans toutes les chaînes, nous voyons le large épanouissement de cette notion des grands déplacements horizontaux faire suite brusquement à la discussion acharnée qu'elle avait suscitée. Je ne saurais songer à faire dans cet article l'analyse, même très sommaire, des nombreux travaux publiés en cette seconde période et d'où est graduellement sortie l'extension de ces charriages aux diverses parties du système alpin. L'examen détaillé des arguments mis en avant pour la démontrer n'a sa place que dans un travail plus détaillé, rempli de faits plus précis. Néanmoins, je tiens à citer dès maintenant la liste des principaux géologues par lesquels la généralité de ces phénomènes a été mise en évidence dans la chaîne alpine.

III

Tout d'abord, pour les *Alpes suisses*, qui avaient été le berceau de la théorie, je citerai Schardt, qui, en 1893, appliqua l'interprétation de Marcel Bertrand, mais avec des arguments encore incomplets, à l'ensemble des Préalpes romandes, ces montagnes situées en avant des Alpes proprement dites, entre l'Aar et l'Arve. Il est, d'ailleurs, intéressant de remarquer que l'auteur de la théorie cherchait alors, par des explications compliquées de rebroussement des plis, à interpréter autrement le défaut de concordance si remarquable des couches et des accidents géologiques qui existe de part et d'autre de l'Arve et qui est un des exemples les plus nets de ce que peuvent donner les charriages lorsqu'une nappe de terrains exotiques commence à être conservée au-dessus d'une substructure de terrains différents.

En 1896, Maurice Lugeon, alors jeune élève de Renevier, donna la démonstration du caractère exotique et charrié de la Brèche du Chablais. Puis, après avoir d'abord conservé quelques doutes pour l'ensemble des Préalpes, il se rallia à l'origine charriée que leur avait attribuée Schardt et il mit dès lors toute son ardeur enthousiaste au service de la diffusion de cette théorie des charriages, à tel point que, pour bien des gens actuellement, cette théorie est presque devenue celle de Lugeon. Pour multiplier les arguments, il étendit ses recherches à l'ensemble des Alpes suisses et montra que tout leur front septentrional a été le siège de semblables

Digitized by Google

mouvements, ainsi que l'avait prévu Marcel Bertrand, et que même les régions gneissiques de l'intérieur des Alpes y ont pris part aussi.

Les travaux de nombreux autres géologues, les uns élèves de Lugeon (Fr. Jaccard, Argand), d'autres appartenant à diverses autres écoles, celles de Heim, de Carl Schmidt et de Steinmann; de nouveaux travaux de Schardt et de Heim (en particulier, pour celui-ci, sa magnifique monographie du Sentis), ont contribué à nous faire connaître de multiples détails de ces phénomènes pour la partie de la chaîne alpine comprise entre la Suisse et l'Italie. Le percement du tunnel du Simplon a été, en particulier, pour toutes les Écoles suisses, le point de départ de nombreux travaux de détail.

Pour les *Alpes françaises*, je dois tout d'abord signaler le rôle important qui revient, pour les études de détail des Alpes et des Pyrénées, faites pour l'établissement de la Carte géologique détaillée de la France, à la direction si éclairée de M. Michel Lévy. Ses travaux personnels, d'une importance si capitale, sur les modifications chimiques et minéralogiques subies par les couches géologiques en profondeur, ainsi que sur les questions d'ascension des magmas profonds, l'ont tout naturellement amené à s'intéresser aux dislocations des couches, qu'il a coordonnées sur l'ensemble du Globe en un système à symétrie tétraédrique. En tant que Directeur du Service de la Carte géologique, il a donné une impulsion toute spéciale aux travaux de ses collaborateurs dans les régions alpines et pyrénéennes, et certainement l'œuvre considérable que représentent ces travaux comptera parmi les résultats les plus importants du passage si fécond de mon éminent maître à la tête de ce Service.

C'est ainsi que les travaux de MM. Haug, Kilian, Termier, Et. Ritter, pour ne citer que les principaux, ont montré que, si les témoins des charriages à grand cheminement horizontal sont moins fréquents dans nos Alpes que dans les Alpes suisses, ils n'y manquent pourtant pas, et que ces phénomènes ont été relativement bien développés aussi pour cette partie de la chaîne. Si l'on discute encore, entre géologues alpins, ce n'est plus sur la réalité des grands mouvements horizontaux en question, mais seulement sur les détails de l'application à en faire : les uns penchant pour un assez grand nombre de nappes distinctes et à cheminement assez limité, les autres admettant plutôt des replis multiples d'un petit nombre de nappes de plus grande amplitude; les uns croyant à une origine assez voisine pour les nappes dont l'enracinement n'est pas visible, d'autres allant chercher une origine bien plus lointaine.

A cette lumière nouvelle, MM. Haug, Lugeon et Termier ont pu prévoir, puis démontrer, que la structure des Alpes Orientales s'explique avec la plus grande facilité. Les différences qui avaient fait jusqu'alors, des deux portions de la chaîne séparées par le Rhin, pour ainsi dire deux mondes géologiques différents, ressortent avec une évidente clarté du simple fait que certaines nappes qui forment les Alpes Orientales n'ont pas été conservées plus à l'Ouest. Si l'on n'admet pas cette interprétation des géologues de l'École française, la structure des Alpes Orientales reste aussi incompréhensible qu'elle l'était jusque-là, malgré les discussions fort vives et parfois un peu aigres auxquelles elle a donné lieu parmi les géologues autrichiens. Je dois dire, du reste, que ceux-ci, après avoir d'abord bataillé, avec un dépit bien compréhensible, contre ces étrangers qui se permettaient ainsi de venir leur expliquer leur propre pays, et malgré l'adhésion que Suess avait donnée dès l'origine à cette interprétation nouvelle, arrivent tour à tour à résipiscence, et il est certain que le temps n'est pas éloigné où le rôle des charriages apparaîtra indubitablement le même d'un bout à l'autre de la chaîne.

Pour le prolongement de celle-ci, M. Lugeon, en se fondant sur les beaux travaux de M. Uhlig sur le massif de la Tatra, ce fragment évident des Alpes qui se rencontre à l'Est du Danube, ainsi que sur les Klippes carpathiques, si analogues à celles de Suisse, avait montré, sans avoir vu le pays, que sa structure compliquée s'éclaire d'un jour tout nouveau lorsqu'on lui applique la théorie des charriages. Tout récemment, M. Uhlig s'est rallié à l'interprétation de Lugeon et a apporté une ardeur de néophyte à la recherche des nappes carpathiques. Les Carpathes roumaines, d'après les derniers travaux, montrent aussi la trace de semblables phénomènes, qui se retrouvent certainement dans toutes les chaînes tertiaires, dans les Pyrénées, la Chaîne bétique, en Sicile, dans l'Himalaya, les arcs asiatiques, en Nouvelle-Calédonie, dans les Montagnes-Rocheuses, etc., aussi bien que dans les chaînes plus anciennes.

En 1892, dans un remarquable article sur « Les récents progrès de nos connaissances orogéniques[1] », Marcel Bertrand écrivait : « *Pour voir les choses, il faut les croire possibles* ». Nous pouvons aujourd'hui compléter cette formule si heureuse, en disant qu'actuellement *on voit ces phénomènes dans toutes les zones de plissements, parce qu'on les y croit possibles.*

Léon Bertrand,
Collaborateur principal au service de la Carte géologique de France :
Chargé de cours à l'Université de Paris,
Remplaçant au Collège de France.

[1] Cet article a paru ici même (*Revue générale des Sciences*, n° du 15 Janvier 1892).

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Cantor (Moritz). — **Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.** *Vierter Band von* 1759 *bis* 1799. *Erste und Zweite Lieferung.* (COURS SUR L'HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES. *IVe volume de* 1759 *à* 1799. 1re *et* 2e *livraisons, par* S. GÜNTHER, F. CAJORI, E. NETTO *et* V. BOBYNIN). — *B.-G. Teubner, éditeur, Leipzig.*

Le savant professeur de Heidelberg a jugé opportun de prendre un repos bien mérité par plus d'un demi-siècle de travaux mathématiques, et il a chargé plusieurs savants historiographes de continuer son œuvre. M. S. Günther, l'érudit astronome de Munich, consacre les premières pages du volume (p. 1-36) aux travaux relatifs à l'*histoire des Mathématiques*, parus de 1760 à 1800. A côté des grands ouvrages de Montucla et de Lalande, il signale tout ce qu'on rencontre sur le sujet dans les monographies, les recueils et les dictionnaires généraux. Puis M. F. Cajori analyse les traités d'*Arithmétique* de Barrême, de F. Le Gendre, de Bossut et de Lacroix, dont le caractère élémentaire n'exclut pas la valeur. Le mathématicien américain étudie un peu plus loin la *Langue des calculs* de Condillac (an VI-1798), l'*Essai d'Arithmétique morale* de Buffon, l'enseignement de l'Arithmétique en Espagne, en Portugal et en Russie au XVIIIe siècle, les travaux *algébriques* d'Euler, ce génial successeur des Leibniz et des Bernoulli, qui s'attacha à perfectionner la science du calcul en écartant, de plus en plus, les considérations que les disciples de Newton appelaient le plus souvent à leur secours.

Ainsi que le constate Condorcet, « il offrit, le premier, l'exemple de ces longues déductions où, les conditions du problème étant d'abord exprimées à l'aide des symboles algébriques, c'est le calcul seul qui développe et surmonte toute la difficulté; mais, pour en tirer ce parti, il faut le manier avec adresse, il faut en bien connaître les formes, en remarquer et en retenir toutes les circonstances, afin d'en pressentir tous les résultats. Euler a fait preuve à cet égard d'une éminente sagacité et d'un génie aussi profond qu'inventif. S'il était permis de mettre en parallèle deux hommes qui se sont illustrés dans des genres très différents, on dirait avec raison que, par son étonnante fécondité et sa facilité pour le travail, Euler doit occuper dans les Mathématiques la place que tient Voltaire dans les Belles-Lettres. Celui-ci ne laissait échapper aucune des pensées, aucun des traits d'esprit qui s'offraient sous sa plume; celui-là ne perdait pas un seul des calculs qu'il essayait dans toutes les recherches qu'il entreprenait sur les sujets les plus variés ».

M. Cajori passe ensuite à l'exposition des découvertes de Lagrange, de Bezout, de Waring, de d'Alembert et autres algébristes, tandis que M. E. Netto étudie l'*Analyse combinatoire* (p. 201-221), dans laquelle se distinguèrent, entre autres, le Hollandais van Swinden et l'Allemand Hindenburg; puis le *Calcul des probabilités*, que Condorcet, Bernoulli, de Moivre et Laplace contribuèrent à édifier. Ce dernier, en particulier, dans une suite de mémoires remarquables, donna à la doctrine des hasards son unité systématique. Un peu plus tard, d'ailleurs, Laplace devait, dans son *Essai philosophique des Probabilités*, formuler sans calcul les grands principes et les résultats obtenus, afin de populariser cette science inaccessible jusque-là aux personnes non versées en Algèbre.

Dans le chapitre consacré au développement de la *Théorie des séries* au XVIIIe siècle, nous retrouvons encore les noms de Lagrange, de d'Alembert, d'Euler et de Condorcet, associés à ceux de Waring et de J.-F. Pfaff. Puis, dans les pages suivantes, M. Netto analyse le célèbre Mémoire de d'Alembert *sur les logarithmes des quantités négatives*, où se trouvent les rudiments du calcul des imaginaires, dont les mathématiciens ne surent tirer parti que bien plus tard. Si la simplicité et la commodité des expressions algébriques consistent à représenter à la fois, et comme en raccourci, un grand nombre d'idées, il ne faut pas, en effet, ainsi que le constate cet auteur, se laisser entraîner par « ce laconisme d'expression qui en impose quelquefois à certains esprits et leur donne des notions fausses ».

Enfin, le fascicule se termine par l'histoire de la *Géométrie élémentaire*, due à la plume érudite de M. V. Bobynin. Après avoir énuméré mérites et défauts des traités classiques de Louis Bertrand, de Genève, de Legendre, de Robert Simson, de Lacroix, de Siméon Gurief, de Kaestner et autres géomètres du XVIIIe siècle, le savant russe relate les progrès de l'*arpentage* et le développement de la *théorie des parallèles* au cours de la même période. JACQUES BOYER.

Kersten (C.), *Professeur à l'Ecole royale des Travaux publics de Berlin.* — **La Construction en béton armé. Guide théorique et pratique**, *traduit d'après la* 3e *édition allemande par* M. M. POINSIGNON. 1re *partie* : **Calcul et exécution des formes élémentaires.** — 1 *vol. in-*8° *de* 194 *pages avec* 119 *figures.* (*Prix* : 6 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

L'ouvrage de M. Kersten se distingue des traités, déjà très nombreux, de la littérature du ciment armé par son caractère éminemment pratique. Après quelques considérations sur les matières premières du béton armé et sur la mise en œuvre de celles-ci, il aborde l'étude des principaux éléments des constructions de ce système : poutres, planchers, voûtes, colonnes, et ce, par des formules mathématiques très simples, presque toujours éclairées par des applications numériques. C'est un moyen sûr d'épargner aux débutants des erreurs dans l'emploi de ces formules.

Ces formules supposent, bien entendu, une liaison parfaite entre le béton et son armature, et, ceci étant, elles ne peuvent s'appliquer que dans les limites où la pratique a vérifié l'exactitude de leurs coefficients. C'est, notamment, le cas pour les formules relatives aux colonnes ou piliers chargés excentriquement, et tendant par conséquent à fléchir ou à flamber. L'étude expérimentale des longues colonnes hétérogènes, c'est-à-dire constituées, non d'une seule pièce, mais d'éléments plus ou moins solidaires, est encore à faire, de sorte que le calcul en est des plus incertains. Ces réserves faites, — et qui tiennent à la nature même du sujet, — on peut recommander sans crainte l'ouvrage de M. Kersten comme tout à fait digne de l'autorité dont il jouit en Allemagne, et des plus précieux pour ceux à qui l'auteur l'a destiné. G. R.

2° Sciences physiques

Brillouin (Marcel), *Professeur au Collège de France.* — **Leçons sur la Viscosité des liquides et des gaz** (Seconde partie). — 1 *vol. in-*8° *de* 138 *pages, avec* 92 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Le premier volume de cet important ouvrage, dont nous avons déjà rendu compte dans la *Revue*, est consacré spécialement à l'étude de la viscosité des liquides; le second volume traite de la viscosité des gaz et il

Digitized by Google

expose les caractères généraux des théories moléculaires. Après avoir résumé les premières recherches sur la viscosité des gaz, effectuées au moyen du pendule et des disques oscillants, le savant auteur expose les perfectionnements apportés par Maxwell à l'appareil de Meyer, et il décrit les expériences de Kundt et Warburg, dont le but était de contrôler certains points de la théorie cinétique et notamment de comparer l'influence des dimensions des enceintes sur le chemin moyen. Il aborde ensuite les travaux de Graham, de Meyer, de Wiedemann, de Holmann, Koch, Barus, etc., sur l'écoulement des gaz par les tubes capillaires, à diverses pressions et températures. Ces recherches sont la base des théories moléculaires, en particulier des théories cinétiques, dont le caractère propre est de rattacher la viscosité des fluides aux dimensions moléculaires et à l'agitation générale, qui dépend de la température. M. Brillouin résume et discute les théories et les résultats d'expériences, et il montre que la théorie dynamique des fluides permet seule de relier les propriétés des liquides à celles des gaz, et d'aborder directement la recherche des lois d'action moléculaire. Il termine en faisant observer que cette théorie ne fait pas double emploi avec les théories électroniques, qui laissent de côté les actions de molécule à molécule, pour étudier plutôt la construction interne de la molécule et de l'atome lui-même. AIMÉ WITZ,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

Rohr (Dr Moritz von). — **Die binokularen Instrumente nach Quellen bearbeitet.** — 1 *vol. in*-8° *de* VIII-223 *pages.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *Julius Springer, éditeur. Berlin*, 1907.

L'auteur, collaborateur scientifique de la maison Zeiss qui, dans le courant des dernières années, a donné un nouvel essor au développement des instruments binoculaires, était mieux à même que personne d'exposer et d'apprécier le travail des générations précédentes. L'ouvrage est divisé en deux parties : l'une théorique, l'autre historique. Dans la préface, M. von Rohr nous apprend qu'il croyait autrefois avoir donné une nouvelle base à la théorie des instruments binoculaires, mais qu'il s'est aperçu, depuis, qu'il n'avait fait que retrouver ce que d'autres avaient découvert avant lui. Il n'en est pas moins vrai qu'une théorie complète de tous les instruments binoculaires faisait encore défaut et qu'il faut savoir gré à l'auteur de nous l'avoir fournie. L'exposé de cette théorie est très court (15 p.); pour les démonstrations et les détails, l'auteur renvoie généralement à ses ouvrages antérieurs, notamment aux chapitres qu'il a écrits dans la seconde édition du *Traité d'Optique* de Czapski.

Suivant les traces de son maître Abbe, M. von Rohr s'est appliqué à reporter toutes les considérations de perspective, d'orthoscopie et de pseudoscopie du champ des images dans le champ des objets. Pour donner une idée de cette méthode, nous transcrirons ici le critérium indiqué pour reconnaître si les images d'un instrument binoculaire sont orthoscopiques ou pseudoscopiques. Construisons dans le champ des objets les images conjuguées des deux yeux. Si les côtés nez de ces images sont tournés vers l'intérieur, l'instrument sera orthoscopique; s'ils sont tournés vers l'extérieur, il sera pseudoscopique.

La partie historique s'arrête en 1900. Elle nous a paru très complète. Les appareils importants sont décrits avec soin, les instruments qui ne présentent qu'un intérêt secondaire sont traités plus brièvement, quelquefois même si brièvement qu'il devient difficile de s'en faire une idée nette sans recourir aux mémoires originaux, dont la bibliographie est, d'ailleurs, donnée avec le plus grand soin. M. von Rohr a une prédilection marquée pour les travaux des amateurs anglais du milieu du siècle dernier; il regrette cette belle période de développement dans laquelle les hommes de science, les amateurs et le grand public s'intéressaient tous au stéréoscope, et montre que bien des résultats acquis à ce moment tombèrent dans l'oubli et durent être retrouvés vers la fin du siècle, époque qui amena une nouvelle période de développement pour les instruments binoculaires : jumelles à prismes, jumelles stéréoscopiques, stéréotélémètres, stéréocomparateurs, bivérants, etc. Mais, dans cette seconde période d'activité, ce ne sont plus guère que les hommes du métier, les opticiens proprement dits, qui travaillent, tandis que les hommes de science se sont tournés vers d'autres branches de la Physique et que les amateurs et le public se bornent à utiliser les instruments offerts par les opticiens sans prendre part à leur développement.

La partie historique se termine par un aperçu systématique dans lequel tous les travaux analysés sont rangés par ordre chronologique en 27 catégories. Ces catégories doivent permettre de retrouver aisément les travaux dont on peut avoir besoin et donnent la chronologie des divers instruments binoculaires et de leur développement. P. CULMANN,
Docteur ès Sciences.

Barral (E.), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lyon.* — **Précis d'Analyse chimique biologique générale.** — 1 *vol. in*-18 *de* 412 *pages, avec* 155 *figures.* (*Prix* : 6 *francs.*) *J.-B. Baillière et fils, éditeurs. Paris*, 1908.

Depuis longtemps, le biologiste français souhaite un livre capable de lui donner rapidement tous les renseignements pratiques sur les caractères différentiels des substances qu'il rencontre et la manière de les doser avec précision, ceci indépendamment de tout discours descriptif sur les propriétés générales ou le rôle physiologique de ces substances. Aussi est-ce avec un sentiment d'impatiente curiosité qu'on ouvre un volume dont le titre est aussi prometteur que celui-ci.

Pour faire suite à son *Précis d'Analyse chimique qualitative* et aux deux volumes de son *Précis d'Analyse chimique quantitative*, la plume infatigable de M. Barral nous donne aujourd'hui un volume d'Analyse chimique biologique *générale*, renfermant les propriétés analytiques, les réactions et les méthodes générales applicables à l'analyse des divers constituants de l'organisme. Il nous promet un volume d'Analyse *spéciale*, qui contiendra ce qui concerne l'analyse particulière des produits physiologiques et pathologiques de l'organisme, liquides, tissus, organes, etc.

Après un chapitre consacré à l'énumération des réactifs nécessaires, l'auteur passe en revue les matières albuminoïdes et les principaux dérivés azotés, les hydrates de carbone, les acides, les matières grasses et quelques autres produits ternaires, les gaz et les matières minérales. Peut-être eût-il été plus logique et plus facile d'aller du simple au complexe, mais la méthode inverse peut se soutenir. Encore faudrait-il qu'elle fût vraiment appliquée, et qu'après avoir étudié les albuminoïdes, on ne tombât pas brusquement à ce qu'il y a de plus simple dans les autres corps azotés, c'est-à-dire aux acides aminés et à l'urée, tandis que l'acide urique, plus complexe, ne vient qu'ensuite. On s'étonne alors de voir cet acide urique suivi d'une série d'uréides simples provenant, il est vrai, de sa désagrégation, mais *non biologiques*, et de ne trouver que plus loin, sous une autre rubrique, ces purines basiques si voisines à tout point de vue de la trioxypurine acide. La même surprise nous reprend à voir l'acide cholalique, dérivé *non azoté* d'un carbure très condensé, voisiner avec la choline, ammonium organique très simple, le tout sous la rubrique « acides biliaires », tandis que la véritable parenté de l'acide cholalique, la cholestérine, s'est égarée entre la glycérine et l'acétone.

Mais cette légère critique d'une classification un peu floue n'empêche pas que le livre de M. Barral soit un excellent manuel de travaux pratiques pour les étudiants. Elle me met à l'aise, au contraire, pour dire tout le bien que je pense du soin avec lequel l'auteur

Digitized by Google

s'est efforcé de mettre très consciencieusement en lumière les meilleures méthodes et les réactions les plus typiques. L'attention est attirée par une série de caractères typographiques spéciaux, comme dans les précédents ouvrages de M. Barral, sur l'importance relative des divers caractères analytiques.

Cependant, mon distingué collègue lyonnais ne m'en voudra pas de regretter qu'il ait ainsi borné ses ambitions. A peu de frais, il eût pu faire de son livre, non plus seulement un guide pour les premiers pas de l'étudiant, mais encore, et surtout, un compagnon favori pour l'homme de laboratoire. Celui-ci regrette l'absence de groupes entiers, celui des pyrimidines par exemple, si intéressant pour l'étude des acides nucléiques ; il est vrai que ceux-ci ne sont représentés que par leur nom, placé d'ailleurs d'une façon très contestable. De même, on trouvera bien, parmi les acides aminés, le glycocolle, la leucine et la tyrosine, mais on y chercherait vainement toute une série de termes : alanine, valine, isoleucine, proline, phénylalanine, tryptophane, sérine, oxyproline, etc., si importants pour l'étude des matières protéiques et de leurs fonctions vitales. Même les termes présents sont décrits par des propriétés un peu banales, plutôt que par les dérivés caractéristiques, dont la découverte a permis, dans ces dernières années, de si brillantes études sur les albuminoïdes. De l'analyse hydrolytique de ces albuminoïdes, du monde des peptides, etc., il n'est même point fait mention.

Certains chapitres, excellents pour l'éducation de l'étudiant, deviendraient précieux pour le biologiste, s'il s'en dégageait une impression de jeunesse un peu plus vigoureuse. Aussi faut-il souhaiter que, dans une édition prochaine, l'auteur de ce très louable effort atteigne davantage encore à la perfection.

Cela lui sera facile, sans trop enfler son livre, en complétant la chasse, si bien commencée, aux digressions encombrantes, et en sacrifiant quelques trop vénérables clichés de micro-organismes ou même de cristaux trop peu caractéristiques.

Dr C. L. Maillard,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

3° Sciences naturelles

Duparc (Dr Louis), *Professeur de Minéralogie et de Pétrographie et Directeur des Laboratoires de Minéralogie et de Chimie analytique de l'Université de Genève*, et **Pearce** (Dr Francis), *Assistant Chef des Travaux au Laboratoire de Minéralogie de l'Université.* — **Traité de Technique minéralogique et pétrographique.** 1re *partie* : **Les Méthodes optiques.** — 1 *vol. grand in-8° de* XVI-483 *pages, avec* 516 *figures dans le texte et une planche coloriée.* (*Prix* : 25 *fr.*) *Veit et Cie, éditeurs. Leipzig*, 1907.

Les minéraux étant des composés chimiques généralement bien définis et parfois aussi des corps simples, leur détermination et l'étude de leurs caractères doivent être basées sur leurs propriétés chimiques, cristallographiques et physiques. Aussi toutes les méthodes d'investigation utilisées sont-elles empruntées aux sciences physiques. Mais tous les caractères n'ont pas la même importance, et ceux qui sont relatifs aux phénomènes optiques ont, peu à peu, pris place au premier rang naturellement pour les minéraux transparents seulement). Ils permettent, en effet, d'étudier des échantillons de toute petite taille, parfois même invisibles à l'œil nu, sans contours géométriques définis, comme cela arrive fréquemment pour les minéraux des roches ; en outre, par suite de la variation des constantes optiques sous l'influence d'une légère modification de la composition chimique, cette dernière peut être exactement appréciée. Au début, les recherches n'ont pu être faites que sur des échantillons se présentant sous des conditions favorables (formes cristallines, clivages, etc.), tous les autres cristaux étant laissés de côté. Mais le but de la technique microscopique est de chercher les méthodes permettant de caractériser un cristal quelconque, quelles que soient ses dimensions et sa forme extérieure. Ainsi la mesure des indices par la méthode de la réflexion totale, du fait qu'elle peut se faire maintenant sur des échantillons d'assez faibles dimensions, permet de résoudre partiellement le problème.

Pour atteindre ce but et pour préciser les propriétés optiques dans les cristaux bien formés, il faut avoir recours à de nombreux procédés d'investigation, et, par conséquent, la technique s'est considérablement compliquée. Les descriptions des diverses méthodes d'observation sont disséminées dans un grand nombre de mémoires originaux, écrits le plus souvent en langue étrangère ; aussi MM. Duparc et Pearce ont-ils rendu un grand service aux minéralogistes, aux pétrographes et à ceux qui s'occupent de Cristallographie physique en réunissant, dans la première partie de leur grand *Traité de Technique minéralogique*, non seulement toutes les méthodes d'observation d'un emploi courant, mais aussi celles qui, tout en n'étant applicables que dans quelques cas particuliers, n'en rendent pas moins de grands services.

Pour comprendre la série des opérations utilisées pour la détermination des constantes optiques et, par conséquent, de la nature des minéraux, il est nécessaire de posséder des connaissances étendues en Optique physique, et, à juste titre, les auteurs ont d'abord consacré quelques chapitres à l'étude des questions théoriques nécessaires : mouvement vibratoire et interférences, ondes lumineuses, propagation, réflexion et réfraction de la lumière, et en particulier la double réfraction qui est longuement étudiée. Ensuite, vient l'étude approndie des principaux instruments d'observation (lentilles, microscope et appareils de polarisation) et des phénomènes observés au microscope polarisant, en commençant par l'examen des cristaux en lumière parallèle (angles d'extinction, évaluation de la biréfringence, etc.).

Les méthodes pour construire les courbes et pour évaluer les angles d'extinction sont longuement examinées (méthodes de M. Michel Lévy et de MM. Duparc et Pearce, etc.). Un chapitre est consacré, non sans raison, aux méthodes de M. Fédorow. Elles permettent, en effet, grâce à l'emploi de la platine-théodolite décrite par ce savant, de déterminer, dans beaucoup de cas, avec une seule plaque du cristal étudié, la forme et la position de l'ellipsoïde optique par rapport aux axes cristallographiques de ce dernier, et ainsi de s'approcher du but final de la technique minéralogique : déterminer avec certitude une section quelconque d'un cristal.

MM. Duparc et Pearce passent ensuite à l'étude des cristaux en lumière convergente. Les procédés permettant de déterminer le signe optique des cristaux et les divers appareils servant à mesurer l'angle des axes optiques sont passés en revue, après une étude théorique des phénomènes observés en lumière convergente (courbes isochromatiques, isogyres, isotaques ou ellipses des vitesses et skiodromes de M. Becke).

Les chapitres consacrés à la mesure des indices de réfraction sont développés avec tout le soin que comporte cet important sujet, la valeur des indices caractérisant à elle seule toutes les substances. Il y a à remarquer, en particulier, la description des appareils basés sur la réflexion totale et surtout ceux qui servent pour la mesure des petits cristaux isolés ou des roches (appareils de Wallerant, de Klein, de Pearce, etc.). L'étude de l'évaluation relative des indices par le procédé de Becke, d'un si grand secours pour les pétrographes, est faite en détail.

L'ouvrage se termine par l'examen des procédés employés pour la taille des minéraux, la préparation des plaques de roche, la photographie des échantillons microscopiques, par une étude des sources lumineuses et par un appendice relatif à la projection stéréographique, employée non seulement pour représenter les formes des cristaux, mais aussi, depuis quelques années, les courbes d'extinction et autres propriétés optiques.

Digitized by Google

On voit, par l'énumération des questions traitées, que cet important ouvrage s'adresse, non seulement au minéralogiste et au pétrographe, mais aussi à tous ceux qui s'occupent de Cristallographie optique. Il est à remarquer que la description des appareils, appuyée sur un grand nombre de figures, de leur réglage et de leur emploi, étant faite par des auteurs familiarisés avec leur maniement, le lecteur est certain d'avoir un guide sûr dans ses recherches, et même celui qui, par suite de connaissances insuffisantes en Mathématiques ou par manque de temps, ne pourra pas lire avec fruit les descriptions théoriques, pourra toujours apprendre à se servir des appareils et déterminer les constantes optiques nécessaires à ses recherches.

PAUL GAUBERT,
Docteur ès sciences,
Assistant au Muséum national d'Histoire naturelle.

Merle (Dr Antoine), *Contrôleur des Mines.* — **Les richesses minérales de Madagascar.** — *1 br. de 54 pages avec cartes, croquis et une coupe géologique.* (*Prix* : 3 *fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Ce travail est une synthèse fort nette, et qui rendra sûrement service, des récents travaux auxquels a donné lieu la minéralogie de Madagascar. Après un rapide aperçu géographique et géologique, l'auteur passe en revue les diverses richesses minérales de la grande île, dont une carte très claire montre la répartition. Comme il fallait s'y attendre, M. Merle insiste sur les exploitations d'or, qui ont jusqu'ici monopolisé presque tous les efforts de la population minière, et qui fournissaient en 1904 une exportation d'une valeur de 7.500.000 fr. Mais il indique avec raison l'intérêt que peuvent offrir, malgré les résultats encore très incomplets de la prospection, d'autres métaux tels que le cuivre et le fer, localisés surtout dans la zone des massifs anciens du centre. L'ensemble de l'étude laisse se dégager l'idée, point nouvelle, de la pauvreté relative de notre grande possession de l'océan Indien. Un appendice commode fait connaître les dispositions des décrets qui règlent à Madagascar la prospection et l'exploitation des ressources minérales.

J. MACHAT,
Docteur ès lettres,
Professeur au Lycée de Bourges.

Bonnet (A.), *Préparateur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Lyon.* — **Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des Ixodidés.** — *1 vol. in-8° de 171 pages et 6 planches* (*Annales de l'Univ. de Lyon, t. I, fasc.* 20). (*Prix* : 8 *fr.*) *J.-B. Baillière, Paris, et Rey, Lyon, éditeurs*, 1908.

M. Bonnet a présenté comme thèse ce travail sur les Acariens du groupe des Ixodes, dont le parasite commun des Chiens de chasse est le type bien connu. En voici les résultats : le tégument renferme de grosses glandes unicellulaires, qui sécrètent un liquide blanc opalescent, assez abondant quand on tourmente l'animal; les femelles ont, de plus, une glande céphalique placée entre le rostre et l'écusson dorsal, sécrétant un liquide visqueux qui se répand sur les œufs pour les agglutiner et les vernir. A l'extrémité de la première paire de pattes, se trouve l'organe sensitif de Haller, et à la base du rostre, chez les femelles, deux aires poreuses symétriques, qui rappellent par leur structure les organes lyriformes des Araignées. Le tube digestif se termine en cæcum et vient buter à son extrémité aveugle contre une vésicule excrétrice recevant les tubes de Malpighi et débouchant au dehors par un orifice qui est sûrement un anus ayant changé de fonctions; ces tubes sécrètent des concrétions de guanine; l'excrétion se fait également par les mues, la cuticule rejetée renfermant des sphérules de guanine. [A propos de ce chapitre, je ferai remarquer à M. Bonnet qu'il ne connaît pas l'intéressant Mémoire de Bruntz (*Archives de Biologie*, t. XX, 1903) qui a découvert, justement chez les *Ixodes*, des cellules excrétrices à carminate, analogues à celles des autres Arthropodes.] Il y a deux types de spermatozoïdes, très différents d'aspect, les uns en bâtonnets, les autres filiformes à cupule, mais l'auteur ne se prononce pas sur leur valeur. Le développement comporte des mues successives, au cours desquelles le tube digestif seul se détruit partiellement et se régénère à chaque stade.

Ce travail consciencieux nous montre une fois de plus que l'ère des monographies anatomiques est passée ; elles ont fourni les sujets de thèses commodes et souvent très intéressantes, mais il n'y a plus maintenant qu'à glaner péniblement dans ce champ des petits faits d'intérêt secondaire; il y a encore à rectifier, mais très peu à découvrir. Les *Ixodes*, notamment, ont déjà été très étudiés, et il n'y avait guère espoir de trouver quelque chose de bien neuf sur leur compte, à moins de fouiller des questions spéciales et difficiles, comme la spermatogénèse ou la physiologie; néanmoins, si le travail de M. Bonnet ne modifie pas sensiblement nos connaissances sur les Acariens, il donne la preuve que l'auteur sait manier habilement la technique et exposer convenablement un sujet.

L. CUÉNOT,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

4° Sciences médicales

Robert-Simon (Dr).— **Applications thérapeutiques de l'eau de mer.** — *1 vol. de l'Encyclopédie des Aide-mémoire.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1907.

Cet ouvrage résume — avec un enthousiasme justifié d'ailleurs — les vertus de la cure marine. « La puissance thérapeutique de la mer n'est plus à démontrer », dit l'auteur. Séduit par la théorie très rationnelle de Quinton, il en exalte peut-être la conception. Faire une excessive individualisation du milieu marin, c'est poser une démarcation trop grande entre la Mer et la Terre ; on ne peut séparer trop rigoureusement les éléments : ils sont dans la dépendance l'un de l'autre. A considérer la mer trop exclusivement, on serait porté à croire que ce n'est pas à la terre qu'elle doit une grande part de ses qualités.

La supériorité thérapeutique de l'eau de mer sur les sérums artificiels est établie. M. Robert-Simon se propose d'exposer sa pratique, ce que, depuis trois ans, « il a vu et observé » dans le traitement hypodermique marin. Il importe de recueillir l'eau de mer loin des côtes (20 à 30 kilomètres au large), à une profondeur de 10 mètres de la surface. Pour ramener l'eau de mer à l'isotonie, c'est-à-dire à une concentration moléculaire comparable à celle du sérum sanguin, on la dilue dans la proportion de 83 parties pour 190 d'eau de source. On stérilise le mélange. En prenant les précautions de stricte propreté exigée, on en injecte de 50 à 200 centimètres cubes. M. Robert-Simon recommande de ne pas craindre d'employer des doses suffisantes.

Les injections marines ont été employées avec un succès indéniable dans la tuberculose pulmonaire à divers degrés et dans les formes articulaire, osseuse, ganglionnaire, cutanée de la tuberculose.

La syphilis trouve dans cette méthode un adjuvant précieux au traitement spécifique. Dans le cancer, on observe souvent une sédation des douleurs. Dans le paludisme et la fièvre typhoïde même, on obtient une amélioration de l'état général. D'excellents résultats sont constatés dans la thérapeutique infantile des entérites, des eczémas, de la scrofule, du rachitisme. D'autres, très probants, ont été notés dans les affections intestinales, dans la gynalgie (dyscrasie utéro-ovarienne), dans les névroses, la mélancolie, la neurasthénie et diverses intoxications chroniques, telles que la morphinomanie.

Bref, livre intéressant et utile, l'ouvrage de M. Robert-Simon montre, à propos d'une multitude de cas très divers, les bienfaits des injections hypodermiques d'eau de mer et leur rôle adjuvant auprès des méthodes thérapeutiques appropriées à chaque cas particulier.

Dr A. LÉTIENNE.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Janvier 1908.

L'Académie présente, à M. le Ministre du Commerce, la liste suivante de candidats pour la chaire de Métallurgie et Travail des métaux vacante au Conservatoire des Arts et Métiers : 1° **M. L. Guillet**; 2° **M. Mesnager**; 3° **M. A. Hollard.**

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Tzitzeica** considère une nouvelle classe de surfaces réglées, celles dont le développement asymptotique se réduit à un cône. — **M. E.-E. Levi** rappelle les résultats qu'il a obtenus dans l'étude de l'équation $\partial^2 z/\partial x^2 - \partial z/\partial y = 0$. — **M. E. Cartan** signale une note de Schwarz, qui avait montré, déjà en 1882, les difficultés que soulève la définition classique de l'aire d'une portion de surface courbe. — **MM. Eug. et Fr. Cosserat** présentent quelques considérations sur la théorie des corps minces. — **M. P. Duhem** a retrouvé un fragment, inconnu jusqu'ici, de l'*Opus tertium* de Roger Bacon; il y a constaté, entre autres, que Bacon connaissait en 1267 la composition de la poudre à canon.

2° Sciences physiques. — **M. H. Becquerel** pense que les particularités observées par M. A. Dufour dans le spectre du fluorure de calcium sous l'influence d'un champ magnétique doivent correspondre à la présence de terres rares dans la source incandescente. — **M. M. Chanoz** signale le parallélisme frappant des aspects successifs présentés, pour des irradiations croissantes, par des clichés radiographiques et photographiques; c'est un argument de plus en faveur de la nature lumineuse des rayons X. — **M. J. Roux** a constaté que les ions des terres rares (La, Yt, Ce, Gd) ont des mobilités bien plus grandes que celles des ions mono- et divalents, ainsi que des ions trivalents négatifs; ce fait doit permettre de les séparer soit par diffusion, soit par électrolyse. — **M. A. Brochet** a déterminé la radioactivité des eaux de Plombières et des gaz qu'elles dégagent. L'émanation subit la perte de moitié de l'activité en quatre jours, comme celle du radium. Il n'y a aucune relation entre la radio-activité des eaux et leur température. — **M. H. Gaudechon** a observé que les corps $AzHg^2Cl.AzH^4Cl$ et $AzHg^2Cl.3AzH^4Cl$, en présence de l'eau à la température ordinaire, se comportent comme de véritables sels doubles. En présence de l'eau à l'ébullition, le radical $AzHg^2$ tend à se disloquer en donnant ses composés générateurs : AzH^3, $HgCl^2$ et HgO. — **MM. L. Bouveault et Levallois** ont obtenu, à partir de la fénone, une amide $C^9H^{17}COAzH^2$, puis la diapo-fénylurée $CO(AzH.C^9H^{17})^2$, un hydrocarbure C^9H^{16}, l'apofénène, donnant par oxydation un acide $C^9H^{16}O^3$, qui peut être décomposé avec formation d'acide isopropylglutarique. On en déduit que la formule de la fénone est bien celle de Semmler et non celle de Wallach. — **MM. Eug. Charabot et G. Laloue** ont étudié l'essence de *Magnolia Kobus* du Japon. Elle renferme notamment de l'anéthol, qui en est le principal constituant, et du citral (environ 15 %). — **MM. A. Goris et L. Crété** ont fait l'analyse de la pulpe dite « farine de Netté », produite par le fruit du *Parkia biglobosa*. C'est le produit végétal le plus riche en saccharose que l'on connaisse : il en renferme plus de 25 %. Il est également riche en matières grasses et en phosphates.

3° Sciences naturelles. — **MM. M. Doyon et Cl. Gautier** ont observé que l'atropine détermine régulièrement l'incoagulabilité du sang et la baisse de pression artérielle lorsqu'elle est injectée dans le canal cholédoque à la dose de 0,01 par kilog d'animal. — **M. H. Judet** a reconnu que le cartilage articulaire, complètement séparé de l'organisme qui le supporte, est susceptible de se greffer si on le réimplante à son lieu d'origine. Il est possible de réparer une perte de substance du cartilage articulaire par un fragment de cartilage. — **M. R. Blumenthal** montre que, loin de former les globules rouges, la rate des Poissons est normalement le lieu de leur destruction. — **MM. H. Soulié et G. Roig** ont étudié la piroplasmose bacilliforme bovine des environs d'Alger ; elle affecte trois formes cliniques : suraiguë, aiguë, chronique. Elle paraît être semblable à d'autres maladies observées dans la Rhodésia, l'Est africain, la Transcaucasie. — **M. F. Guéguen** a isolé des cheveux d'une peladique un micro-organisme nouveau, le *Bacillus endothrix*, cultivable sur pomme de terre, et différent des microbes de Sabouraud. — **MM. Ed. Chatton et F. Picard** ont découvert, sur les poux de la poule domestique, un endoparasite nouveau, qu'ils nomment *Trenomyces histophorus* et qui paraît devoir être rangé parmi les Laboulbéniacées dioïques à anthéridies composées. — **M. J. Kunstler** montre que les urnes des Siponcles présentent, dans la cavité générale, un développement qui ne saurait être intercalé entre l'état de pavillons sessiles et celui de formes libres. — **M. L. Gentil** a exploré le massif du Djebel Siroua, qui constitue un volcan néogène, présentant deux types de roches, l'un trachytique, l'autre phonolitique, tous deux riches en alcalis. — **M. J. Dareste de la Chavanne** a découvert un lambeau de Lias fossilifère dans le bassin de la Seybouse, entre Guelma et Soukarrhas, identique au Lias moyen des régions méditerranéennes occidentales. — **M Ch. Dépéret** expose ses vues sur l'histoire géologique et la phylogénie des Anthracothéridés. Il les divise en huit rameaux parallèles, répartis en deux groupes suivant la tendance bunodonte ou solénodonte des molaires. — **M. P. Combes fils** a trouvé, parmi les végétaux fossiles des marnes sableuses du Trocadéro, des empreintes non douteuses de *Pinus Defrancei*, identiques à l'échantillon d'Arcueil décrit par Brongniart, mais perdu. — **M. P. Bertrand** montre que trace tubicaule n'est nullement synonyme de trace anachoroptéridienne. Toutefois, il n'est pas défendu de considérer les Anachoroptéridées comme dérivées aussi des Zygoptéridées par perte du plan de symétrie accessoire.

Séance du 3 Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Féjer** présente ses recherches sur le développement d'une fonction arbitraire suivant les fonctions de Laplace. — **M. J. Guillaume** adresse ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le troisième trimestre de 1907. Le nombre des groupes de taches enregistrés et leur surface totale ont augmenté ; la surface totale des facules continue à décroître. — **MM. C. Féry et G. Millochau** ont poursuivi leurs études pyrhéliométriques au sommet du Mont-Blanc en 1906. Ils en déduisent pour la température effective du centre du disque solaire 5.555° absolus. Des mesures faites le long d'un diamètre indiquent 6.042° pour la température du noyau.

2° Sciences physiques. — **M. A. Dufour** a observé des modifications anomales, dans le champ magnétique, des spectres de bandes de tous les chlorures et fluorures alcalino-terreux. L'anomalie du CaF^2 ne paraît donc pas due à des impuretés, comme le croit M. Becquerel. — **M. A. Cathiard** montre que, dans l'emploi

Digitized by Google

des flammes comme soupape des courants alternatifs à haute tension, l'électrode immergée est toujours cathode et qu'elle subit une véritable désagrégation. — **MM. L. Clerc** et **Ad. Minet** décrivent un four électrique à arc pour laboratoires; l'arc jaillit dans une cavité dans laquelle on introduit un creuset en substance réfractaire. — **M. de Forcrand** a déterminé les chaleurs de formation des oxydes anhydres de strontium et de baryum : Sr = 137,6 cal.; BaO = 125,86 cal.; SrO^2 = 152,1 cal.; BaO^2 = 145,71 cal. — **M. P. Pascal**, en ajoutant du pyrophosphate ferrique à une solution de pyrophosphate de sodium, a obtenu une solution où le fer est masqué; elle renferme un sel complexe, le ferripyrophosphate de sodium $Fe^2(P^2O^7)^3Na^6$, que l'auteur a isolé cristallisé avec $9H^2O$. — **M. K. Krassousky** a reconnu que, dans la combinaison avec AzH^3 des α-oxydes organiques asymétriques, le groupe OH se place de préférence auprès de l'atome de carbone le moins hydrogéné. — **MM. L. Bouveault** et **G. Blanc**, en traitant la dihydrocampholénamide par Br et CH^3ONa, ont obtenu un uréthane qui est saponifié par KOH en vase clos en β-iso-propylcyclopentylamine, d'où l'on peut dériver un alcool, qui est le β-isopropylcyclopentanol. Il en résulte que la dihydrocampholénamide est l'amide de l'acide β-isopropylcyclopentane-carbonique.

3° Sciences naturelles. — **M. J. Loeb** prétend que les solutions de saccharose isotoniques pour les œufs de *Strongylocentrotus* qu'emploie M. Delage sont en réalité fortement hypertoniques, et que ses résultats confirment donc la théorie de la déshydratation de M. Giard. — **M. Ch. Gravier** présente ses recherches sur la morphologie et l'évolution des Sabellariens de Saint-Joseph. — **M. A. Lacroix** a trouvé, dans les échantillons de syénites néphéliniques rapportés par M. Villiaume des îles de Los (Guinée), un minéral nouveau, pseudo-cubique, à très faible réfringence (n = 1,328), essentiellement constitué par du fluorure de sodium; il le nomme villiaumite. — **MM. J. Chautard** et **P. Lemoine** montrent que la latérisation des roches se résume chimiquement, en dehors du départ d'un certain nombre d'éléments (Ca, Mg, Na, K), dans un phénomène d'oxydation et d'hydratation, avec enrichissement notable en fer et alumine. — **M. H. Hubert** a observé la présence de gneiss à scapolite et de cipolins au Dahomey. Elle démontre l'existence de bancs calcaires au milieu des schistes cristallins du Dahomey, association qui n'avait pas encore été signalée en Afrique. — **M. L. Gentil** déduit de ses études que les *tirs* (terres noires) et les *hamri* (terres rouges) du Maroc ont une origine commune et résultent de la décalcification de grès calcarifères néogènes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 4 Février 1908.

M. Béclère est élu membre titulaire dans la Section de Physique et Chimie médicales.

M. P. Cazeneuve signale l'augmentation progressive de l'emploi de l'arsenic en agriculture comme insecticide. La manipulation des produits arsenicaux par les ouvriers agricoles constitue un grave danger; d'autre part, les produits agricoles, en particulier les légumes, les fruits et le vin, sont fréquemment contaminés par le poison qui y reste adhérent et ont été la cause de nombreux empoisonnements. L'auteur préconise l'interdiction radicale de l'emploi des composés de l'arsenic en agriculture, suivant l'ordonnance de 1846. — **M. A. Calmette**, en réponse aux objections de M. Delorme, pense que le médecin militaire a le devoir de s'éclairer par tous les moyens sur l'état de santé des conscrits, et que l'ophtalmo-réaction offre un secours précieux pour établir le diagnostic de la tuberculose. — **M. F. P. Guiard** lit un travail sur une nouvelle méthode d'urétrotomie interne. — M. le Dr **Calot** communique une étude sur le traitement des arthrites tuberculeuses par les injections intra-articulaires. — **MM. L. Lévi** et **H. de Rothschild** présentent un travail sur le traitement thyroïdien du rhumatisme chronique.

Séance du 11 Février 1908.

MM. H. Huchard et **Ch. Fiessinger** montrent que la réduction des liquides en cardiothérapie présente un double intérêt au point de vue thérapeutique et au point de vue du pronostic. Au point de vue thérapeutique, en rétablissant la diurèse, elle sauve les malades d'une mort imminente; au point de vue pronostique, quand elle échoue, c'est le signe d'une dilatation en général incurable du cœur. — **M. H. Vincent** a constaté que le refroidissement général ne favorise l'apparition du tétanos que lorsqu'il existe une autre cause préparante (fatigue) qui superpose ses effets à ceux de l'hypothermie. Par contre, et à défaut de tout autre facteur, le refroidissement périphérique local constitue une condition adjuvante extrêmement puissante de l'infection tétanique, lorsque le membre refroidi est le siège d'une plaie qui abrite le bacille spécifique. — **M. X. Delorme** réfute la réponse de M. Calmette et conclut que l'armée n'a jamais servi et n'est pas faite pour servir de champ d'étude à la médecine expérimentale. — **M. Riche** estime que l'application rigoureuse, demandée par M. Cazeneuve, de l'ordonnance de 1846 relative à l'emploi des composés arsenicaux, serait funeste pour l'agriculture, qu'elle priverait du plus puissant des insecticides connus. Les méprises dans leur utilisation sont aujourd'hui rendues impossibles par l'emploi des bouillies colorées, et le vin des vignes traitées paraît ne contenir que des cent-millièmes et des millionièmes d'arsenic.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 25 Janvier 1908.

M. L. Tixier montre que les agents hémolysants, quoique de nature différente, exercent une action pour ainsi dire élective sur les différents éléments cellulaires de la moelle osseuse. — **M. L. Bory** a préparé, aux dépens du soufre, de l'eau et de la glycérine, une solution vraie et un mélange colloïdal qui se prêtent aux injections dans l'organisme. — **M. L. Cruveilhier** a reconnu que le sulfate de magnésie n'a aucune action spécifique contre la toxine tétanique et n'exerce vis-à-vis d'elle aucune action neutralisante ou même seulement inhibitrice. — **MM. C. Fleig** et **P. de Visme** mettent en évidence la persistance des réactions physiologiques chez les sujets accoutumés à l'intoxication par la fumée de tabac. — **M. V. Pachon** estime qu'il existe cependant une distinction profonde entre les accidents aigus du tabagisme et les effets organiques attribuables à l'usage habituel du tabac. — **M. Ed. Retterer** a constaté que, sous l'influence de la suractivité fonctionnelle, les cartilages diarthrodiaux se sont hypertrophiés dans toutes leurs parties. — **MM. J. Camus** et **Ph. Pagniez** ont observé, chez le chien et le lapin, après excitation du pneumogastrique et du nerf dépresseur, une chute brusque du nombre des leucocytes, contemporaine de la baisse de pression, tandis que le nombre des hématies varie peu ou pas. — **M. P. Mulon** a reconnu que les cellules de follicules jeunes encore peuvent ne pas disparaître au cours de l'atrésie, mais bien évoluer dans le sens : *cellule conjonctive*, élaborant de la substance et du tissu collagènes. — **MM. P. Emile-Weil** et **O. Claude** ont observé cliniquement le phénomène spontané de la sédimentation du sang dans les états pathologiques où il y a retard de la coagulation; la sédimentation, suivie de la coagulation plasmatique, peut s'observer encore dans les états anémiques. — **MM. M. Doyon** et **Cl. Gautier** : Action de l'atropine sur la coagulabilité du sang (voir p. 167). — **M. F. Arloing** a constaté que des sujets non tuberculisés, à un moment donné d'une imprégnation toxinique, ont offert une réaction oculaire positive à la tuberculine; l'oculo-réaction n'est

Digitized by Google

donc pas spécifique. — **M. R. Turro** a retiré du bacille de la morve une toxine nouvelle, déterminant la réaction de Nocard. — **M. J. Salmon** démontre l'existence, chez les ectroméliens, d'une adaptation corrélative du système nerveux au système musculaire, et de celui-ci à la morphologie du squelette. — **MM. A. Gouin** et **P. Andouard** ont trouvé que l'élimination des phosphates par l'urine chez les Bovidés est à peu près proportionnelle au débit urinaire; elle devient nulle quand le débit urinaire est réduit à 1 ou 2 °/₀ du poids du corps. — **MM. A. Clerc** et **A. Sartory** ont isolé une levure au cours d'une angine chronique. Elle pousse sur carotte en prenant une couleur rose pâle : c'est probablement une espèce de *Crypto-coccus*. — **M. A. Javal** a étudié le sérum laiteux d'une malade diabétique dans le coma; il contient environ 25 °/₀ de graisses, dont le quart de lécithine.

M. A. Nicolas est élu membre titulaire de la Société.

Séance du 1er Février 1908.

MM. M. Doyon et **Cl. Gautier** ont constaté que l'injection de la peptone dans le canal cholédoque détermine l'incoagulabilité du sang, la baisse de la pression artérielle et la narcose à des doses plus faibles que par voie sanguine. — **M. G. Rebière** décrit un procédé de dosage cyanimétrique du mercure colloïdal électrique. — **M. A. Daguin** a observé que l'action pharmacodynamique de la phénolphtaléine s'exerce surtout sur l'intestin; cette substance augmente par contact direct l'élimination aqueuse et la contractilité de cet organe. — **M. E. Retterer** montre que le repos abaisse la vie cellulaire du cartilage diarthrodial et entraîne l'atrophie et la disparition de la substance fondamentale. — **M. P. Remlinger** montre qu'il est facile d'immuniser un animal contre la rage par inoculation intra-péritonéale d'un cerveau; l'immunité conférée se fait remarquer par son intensité et sa durée. — **MM. M. Breton** et **G. Petit** ont constaté que la toxine tétanique ne passe qu'en petite quantité à travers la muqueuse du gros intestin; cette muqueuse est plus facilement perméable à l'antitoxine. — **M. H. Vincent** a fait des observations analogues; la toxine est en partie détruite par les microbes, en partie neutralisée par la sécrétion du gros intestin. — **MM. A. Calmette** et **M. Breton** ont reconnu que la tuberculine absorbée par voie rectale produit chez le tuberculeux une réaction fébrile analogue à celle que l'on observe après l'injection sous-cutanée. — **M. R. Legendre** signale, dans les cellules nerveuses d'*Helix*, des granulations décelables par l'acide osmique. — **Mlle L. G. Robinovitch** décrit une méthode de rappel à la vie des animaux en syncope chloroformique ou en état de mort apparente causée par l'électrocution, par l'emploi d'oscillations rythmiques, la tête de l'animal étant exclue du circuit électrique. — **MM. A. Marie, C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont observé que la réaction de Wassermann, appliquée au liquide céphalo-rachidien, est presque constamment positive dans la paralysie générale, tandis qu'elle ne fournit que rarement des résultats positifs dans les lésions cérébrales en foyer et qu'elle est nulle dans les différentes formes de démence non paralytique. — **M. L. Guillemot** et **Mlle W. Szczawinska** montrent que la possibilité de cultiver, en présence de l'air, certains anaérobies dans des macérations animales ou végétales provient des propriétés réductrices de ces dernières. — **MM. C. Fleig** et **P. de Visme** ont constaté que l'inhalation intra-pulmonaire ou bucco-pulmonaire de fumée de tabac provoque successivement l'excitation et la parésie ou la paralysie de l'appareil nerveux cardiaque inhibiteur; la section des vagues empêche ces effets. — **MM. Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** démontrent que, chez la lapine, les corps jaunes ne sont pour rien dans l'acceptation du coït, phénomène essentiel du rut. — **Mme Z. Gatin-Gruzewska** est parvenue à séparer l'amylose et l'amylopectine qui constituent le grain d'amidon par l'action de KOH concentrée, puis d'une faible quantité d'alcool. La seconde se précipite, et la première reste en solution. — **M. P. Lassablière** a reconnu que la poudre de viande n'est pas un aliment véritable, ni un suraliment, mais un *préaliment*, un excitant gastrique, rendant plus parfaite la digestion des aliments eux-mêmes. — **Mlle Chevroton, MM. A. Mayer** et **F. Rathery** décrivent une méthode d'étude des tissus, consistant dans la coupe des pièces congelées, l'examen par contraste sur fond noir et la photographie. — **M. H. Piéron** montre que l'immobilité protectrice chez les animaux n'est pas nécessairement le résultat d'un état de torpeur, mais peut coexister avec un état d'activité réelle. — **M. H. Guilleminot** propose une nouvelle unité et un nouveau mode de dosage des rayons X en physiologie expérimentale. — **MM. M. Loeper** et **Ch. Esmonet** ont constaté qu'une partie de la pepsine est neutralisée par la muqueuse intestinale au cours de la traversée digestive; au contraire, la trypsine, la lipase et l'amylase pancréatiques sont renforcées.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 21 Janvier 1908.

M. C. Gerber montre qu'il suffit de se placer dans des conditions telles que la chaux reste en dissolution dans les mélanges pour voir les présures animales se comporter comme les végétales. — **MM. C. Gerber** et **A. Berg** ont constaté que les albuminoïdes du lait excercent une action retardatrice sur la coagulation de ce liquide par les présures; ce sont probablement elles qu'on a désignées sous le nom d'antiprésures. — **MM. Alezais** et **Peyron** ont reconnu l'origine glandulaire d'un épithélioma pavimenteux de la parotide.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 17 Janvier 1908.

M. M. Brillouin est élu vice-président de la Société, et **M. E. Bloch** vice-secrétaire pour l'année 1908.

M. W. Ritz : *Sur l'interprétation théorique des raies spectrales.* M. Hadamard a entretenu la Société de Physique, dans la séance du 20 décembre dernier, des relations qui existent entre le problème de l'origine des raies spectrales et certaines équations intégrales. M. Ritz avait déjà, avant M. Fredholm, envisagé [page 47 de sa thèse] une hypothèse qui revient, en somme, au point de vue des équations qui en résultent, à celle de M. Fredholm, d'une force proportionnelle à la différence des écarts de deux particules. Si l'auteur n'a pas insisté sur ce point, c'est que l'interprétation des phénomènes par des équations intégrales de ce genre est sujette à une objection sur laquelle Lord Rayleigh a particulièrement insisté, et qui semble décisive : c'est que, dans un système vibrant, l'accélération introduit nécessairement le *carré* des fréquences, qui joue le rôle du facteur λ de M. Hadamard, tandis que les lois spectrales simples se rapportent aux fréquences elles-mêmes. Pour échapper *d'une manière générale* à cette objection, il faut admettre ou que les vitesses et les élongations interviennent seules dans les équations, ce qui paraît inadmissible, ou que les accélérations et les vitesses y figurent, mais non les élongations, c'est-à-dire que les forces agissantes sont de nature dynamique et proportionnelles aux vitesses. Or, nous connaissons une force de ce genre : c'est la force magnétique; et les champs magnétiques moléculaires jouent un rôle important dans les recherches récentes de M. Weiss sur la théorie du magnétisme. L'étude des vibrations que ces champs peuvent produire conduit effectivement d'une manière simple à l'interprétation des lois spectrales, telles que la formule de Balmer, la loi des séries, etc. En effet, un champ produit par des aimants moléculaires, identiques entre eux et susceptibles de se placer bout à bout en nombre plus ou moins grand, donne, pour une charge électrique convenablement située, un système de vibrations exprimé par la formule de Rydberg et, comme cas particulier, le système des vibrations de

Digitized by Google

l'hydrogène, c'est-à-dire la loi de Balmer. La superposition d'un nouveau champ parallèle au premier donnera de nouvelles raies spectrales, présentant avec les précédentes des différences constantes dans l'échelle des fréquences. Enfin, l'accord entre les observations spectroscopiques les plus précises et les formules auxquelles on est conduit par cette hypothèse va jusqu'à la cinquième et à la sixième décimale. D'autre part, la suite encore inédite de cette théorie a montré à M. Ritz que les mouvements oscillatoires de la molécule, lorsqu'elle se trouve placée dans un champ magnétique extérieur, ont pour effet de décomposer chacune des lignes spectrales : les polarisations sont bien celles qu'on observe dans l'effet Zeeman; mais, selon les conditions du mouvement de la molécule, on obtient des triplets, des quadruplets, enfin des décompositions de plus en plus compliquées, telles que celle en 15 lignes observée récemment par M. Lohmann dans le spectre du néon. La théorie exige d'ailleurs que les différences des fréquences des composantes soient entre elles comme des nombres entiers : c'est précisément ce qu'ont observé MM. Runge et Paschen dans leurs recherches sur l'effet Zeeman. — M. **M. Brillouin** : *Les courbures du géoïde dans le tunnel du Simplon.* Après avoir rappelé le principe de la méthode d'Eötvös, M. Brillouin donne quelques indications sommaires sur le mode d'amortissement des oscillations et de protection contre les trépidations et la méthode de mesure des déviations qui lui ont permis d'opérer dans le tunnel du Simplon (mars 1906) avec rapidité et précision. Les mesures brutes doivent être corrigées de l'action énorme due à la forme des cavités, tunnels, chambres latérales, galeries transverses, etc., pour avoir l'ellipticité du géoïde tel qu'il était au même point dans l'intérieur de la montagne pleine. Le résidu, après ces corrections faites, est encore considérable, variable en grandeur et orientation d'un bout à l'autre du tunnel, et les variations d'orientation des excès et des déficits de masse fournis par ces mesures, répartis sur une Carte de la région, sont bien en accord avec le relief général du sol. La projection de coupes de l'appareil et de tableaux numériques des rayons de courbure bruts et corrigés et de quelques graphiques précise ces indications. — M. A. Cotton présente, au nom de MM. **Pierre Weiss** et **V. Planer**, des *recherches sur l'hystérèse dans les champs tournants.* Les recherches fondamentales de Baily ont montré que l'hystérèse se réduit à zéro dans les champs tournants très intenses. Cette importante propriété, qui a été constatée avec une approximation assez grossière, l'énergie restante étant encore 8 % environ de sa valeur maxima, méritait d'être confirmée exactement. D'autre part, on ne possédait que des renseignements contradictoires sur l'hystérèse dans les champs faibles. La méthode employée dans ces nouvelles expériences est une généralisation de celle sur laquelle est fondé l'hystérésimètre Blondel-Carpentier. L'appareil diffère de celui-ci par le remplacement de l'aimant permanent par un électro-aimant. La forme des échantillons, au lieu d'être inspirée par les besoins des applications, est simplement celle d'un petit disque assez mince, qu'on peut placer perpendiculairement ou parallèlement à l'axe de rotation du champ. On se rend compte aisément qu'on mesure ainsi successivement l'hystérèse tournante et l'hystérèse alternative sur le même échantillon. On sait, en effet, que l'énergie d'hystérèse par cycle est proportionnelle au couple moyen exercé sur la substance, lequel est indépendant de la vitesse de rotation. Dans cet appareil, l'électro-aimant permettait d'atteindre 10.000 gauss. Un autre appareil a été construit avec des bobines sans fer pour les champs faibles jusqu'à 150 gauss environ. L'entraînement de l'appareil producteur du champ se faisait au moyen d'un moteur. Les résultats suivants ont été obtenus : Pour le fer et le nickel, l'énergie d'hystérèse tournante passe par un maximum, égal environ à la moitié du maximum de l'énergie d'hystérèse alternative, puis décroît et tombe à zéro. Pour le fer doux, par exemple, la déviation observée dans les champs très intenses n'est que de quelques millièmes de celle qui mesure le maximum; la réduction à zéro se fait donc avec toute la précision des mesures. Dans les champs faibles, l'énergie d'hystérèse tournante est supérieure à l'énergie d'hystérèse alternative. Mais, contrairement à ce qu'avaient annoncé Grau et Hiecke, le rapport de ces deux quantités n'est pas constant et égal à 2 : il part d'une valeur élevée, voisine de 4 pour $H = 10$ gauss, et décroît ensuite progressivement. Des résultats analogues ont été obtenus pour le nickel, l'acier, le fer électrolytique. Enfin, la mesure de l'hystérèse par ces procédés rapides et exacts a permis de donner une confirmation de l'expression analytique donnée pour cette quantité, à la suite de l'étude magnétique directe de la pyrrhotine, et de montrer, par l'étude d'un plus grand nombre d'échantillons, que le champ démagnétisant principal, 7.300 gauss, qui est aussi celui pour lequel l'hystérèse tournante s'annule, est une constante spécifique de cette substance.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 24 Janvier 1908.

M. **G. Bertrand** dépose un mémoire intitulé : *Recherches sur la mélanogénèse : action de la tyrosinase sur divers corps voisins de la tyrosine.* — MM. **Breteau** et **Leroux** indiquent la manière d'appliquer leur méthode de dosage rapide du carbone et de l'hydrogène dans le cas des substances organiques halogénées, avec dosage simultané de l'halogène par l'augmentation de poids d'un tube d'argent. Les résultats obtenus sont satisfaisants. — M. **Breteau** indique, à propos d'un travail récent, qu'il a, dès 1905, obtenu et décrit l'hexahydrure et l'octohydrure de phénanthrène, dont il poursuit l'étude des dérivés. — M. **J. Bougault** poursuit ses études sur l'action de l'acide hypoiodeux sur les composés éthyléniques. Il a montré récemment que les acides éthyléniques $\beta\gamma$ et $\gamma\delta$ se transforment en lactones iodées sous l'action de l'iode, agissant sur les acides dissous dans une solution aqueuse de carbonate de sodium en quantité suffisante pour la saturation. Mais, en présence d'un *très grand excès* de carbonate de sodium, les résultats peuvent être différents. C'est ce qui arrive en particulier avec l'acide phénylisocrotonique $C^6H^5.CH:CH.CH^2.CO^2H$, qui, dans ces dernières conditions, se transforme quantitativement en acide benzoylacrylique $C^6H^5.CO.CH:CH.CO^2H$. Les acides phénylisocrotoniques substitués dans le noyau paraissent se comporter de même. Ces recherches sont continuées. — M. **Alb. Colson** développe ses expériences sur la conductibilité moléculaire des sulfates chromiques dissous. Cette quantité atteint une première limite, puis elle augmente brusquement quand la dilution passe de 1.000 à 10.000, comme si, après dissociation en ions de toutes les molécules salines, ces ions primitifs se segmentaient brusquement quand la dilution dépasse certaines limites. Si, comme M. Colson l'admet, la conductibilité est plutôt en rapport avec l'acide sulfurique libéré par hydrolyse, ses expériences sont susceptibles d'une autre interprétation vérifiable par un contrôle direct : c'est la proportion d'acide mise en liberté par l'hydrolyse qui tout à coup augmente avec la grande dilution. Effectivement, M. Colson a constaté, par titrages comparatifs, que l'augmentation de la conductibilité est en rapport avec la proportion d'acide mise en liberté par la dilution. D'autre part, le fait antérieurement constaté qu'un sulfate chromique existe sous deux états dissous, à la même température et dans le même volume d'eau, a suggéré à M. Colson l'idée d'examiner si le phosphore blanc et le phosphore rouge ne présenteraient pas la même particularité quand on les dissout dans un solvant déterminé. Mais il ne paraît pas exister de solvant commun à ces deux variétés de phosphore. M. Colson en donne une raison théorique, après avoir essayé l'effet des térébenthènes. En revanche, le phosphore blanc dissous se transforme

Digitized by Google

à la longue en phosphore rouge insoluble, suivant des lois parallèles à celles que suit la transformation de sa vapeur. — **M. O. Boudouard** expose ses recherches sur les gaz contenus dans les métaux. — **M. J. Senderens** entretient la Société du pouvoir catalyseur de la silice et de l'alumine. Obtenue en précipitant le silicate de sodium par HCl, et modérément calcinée après dessiccation, la silice est un bon catalyseur déshydratant des alcools, par exemple de l'alcool éthylique, qu'elle commence à décomposer dès 280°, en donnant 99,5 °/₀ d'éthylène. Mais, si l'on calcine cette même silice au rouge blanc, durant six heures, dans un fourneau à moufle, elle ne décompose plus l'éthanol que vers 390° en donnant 82,9 °/₀ d'éthylène et 17,1 °/₀ d'hydrogène. De même, l'alumine, extraite de l'alun ammoniacal et du sulfate d'aluminium, ou bien obtenue par précipitation, est un déshydratant de premier ordre vis-à-vis des alcools, qu'elle décompose dès la température de 250 à 275°, en donnant des carbures éthyléniques purs; tandis que, si on la calcine dans les mêmes conditions que la silice, elle n'agit sur les alcools qu'à des températures beaucoup plus élevées, en donnant, avec le carbure éthylénique, une forte proportion d'hydrogène.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 21 Novembre 1907.

MM. F.-E. Smith et **T. Mather** : *Le voltamètre à argent. I. Comparaison de plusieurs formes de voltamètres à argent et détermination de l'équivalent électro-chimique de l'argent.* Les expériences ont été faites avec de très grands voltamètres. Quatre des godets servant de cathodes avaient une capacité de 500 centimètres cubes chaque, et en général on a employé 300 à 400 centimètres cubes d'électrolyte. Avec un voltamètre de forme Rayleigh contenant comme électrolyte du nitrate d'argent pur, la moyenne de 52 déterminations de l'équivalent électro-chimique de l'argent a été de 1,11827 milligrammes par coulomb, le courant étant mesuré immédiatement par la balance Ayrton-Jones. Avec un voltamètre de forme Richards, dans lequel la capsule a été auparavant chauffée dans un four électrique, on a obtenu la valeur 1,11828; avec un siphon et d'autres formes modifiées de voltamètre, la valeur résultante a été de 1,11827, indiquant peu ou point d'irrégularités dans le voltamètre Rayleigh de grande dimension. On a fait des dépôts lorsque le voltamètre était soumis à une pression gazeuse de 2,4 centimètres de mercure; ils ont été identiques à ceux qui se sont produits à la pression atmosphérique. Le coefficient de température est probablement nul et n'est pas plus grand que un millionième par degré. L'intervalle des intensités de courant était compris entre 0,5 ampère et 8 ampères. — **MM. F.-E. Smith** et **T.-M. Lowry** : *Le voltamètre à argent. II. La chimie du voltamètre à argent.* Avant d'assigner une valeur définie à l'équivalent électro-chimique de l'argent, il était nécessaire de démontrer qu'on peut obtenir des solutions de nitrate d'argent donnant des produits constants. On y est parvenu en préparant du nitrate d'argent au moyen de l'argent électrolytique, du nitrate d'argent très épuisé et de spécimens commerciaux du sel. Les essais pour confirmer les observations de Novak, Rodger et Watson, Kahle, van Dijk et d'autres, sur l'effet de l'électrolyse répétée d'une solution, montrent que, dans la forme de voltamètre décrite dans la première partie de ce mémoire, il n'y a pas augmentation de dépôt avec l'emploi continu d'une solution comparable à celle obtenue par les savants mentionnés. On obtient de hautes valeurs pour l'équivalent électro-chimique si la solution contient de l'oxyde, du carbonate, du chlorure, du nitrite ou hyponitrite ; de faibles valeurs sont produites par l'acide. Le chlorate d'argent et le perchlorate d'argent paraissent donner des dépôts normaux, mais sont d'un emploi moins commode et ne présentent aucun avantage sur le nitrate. — **M. F.-E. Smith** : *Sur la pile au cadmium normale de Weston.* Dans le passé, beaucoup de savants ont fait remarquer que le dépolariseur peut produire des variations dans la f. é. m. atteignant 0,002 volt. L'auteur a d'abord cherché un mode de fabrication du sulfate mercureux susceptible de donner un produit constant. Le sel était préparé de quatre manières : 1° électrolytiquement; 2° par précipitation chimique; 3° par recristallisation d'une solution dans l'acide sulfurique fort; 4° par l'action de l'acide sulfurique fumant sur le mercure. La f. é. m. moyenne des piles établie avec le sel électrolytique est de 1,01828 volts; avec le produit n° 2, 1,01830 volts; avec le n° 3, 1,01832 et avec le n° 4, 1,01831 volts. On a recherché l'effet de la dimension des cristaux du dépolariseur, — sur l'importance de laquelle l'attention a été dirigée par H. von Steinwehr, — au moyen de cristaux de dimensions variant de 5 à 30 microns; on en conclut qu'aucun grand cristal suffisamment soluble pour agir comme un dépolariseur efficace ne peut donner une f. é. m. appréciablement inférieure à celle due aux cristaux de 5 à 30 microns de longueur. Le pouvoir récupérateur de la pile a été éprouvé en la mettant en court-circuit pendant un temps variant d'une minute à cinq jours. Le coefficient de température pour l'intervalle entre 10° et 30°C. est donnée par : $E_t = E_{17} - 3{,}4_5 \times 10^{-5}(t-17) - 0{,}066 \times 10^{-5}(t-17)^2$. — **M. Ch. V. Drysdale** présente ses recherches sur la *mesure de l'équivalent mécanique de la lumière.* La méthode employée consiste à faire tomber un faisceau lumineux simultanément sur un radiomètre et sur un photomètre et à comparer les indications du photomètre avec celles que donne une source connue de radiation à une distance donnée (lampe à incandescence). Le résultat obtenu a été d'environ 0,12 watt par bougie pour la lumière blanche du filament Nernst; il concorde avec la valeur trouvée par Angström pour les lampes Hefner. De cette détermination et d'autres, on peut déduire qu'une source idéale de lumière blanche donnerait environ 10 bougies par watt, et une source monochromatique jaune-vert, 17 bougies par watt. — **M. J.-W. Mallet** a étudié l'*action du mercure sur les alliages des autres métaux.* Trois alliages ont été employés : étain-platine, argent-platine et cuivre-étain, correspondant approximativement aux compositions $PtSn^3$, $PtAg^4$ et $SnCu^4$. Ils ont été agités à l'état très divisé avec du mercure pur en grand excès. Dans le premier cas, l'étain a été complètement protégé de l'amalgamation par le platine et aucun des deux métaux ne s'est dissous dans le mercure. Dans le second cas, la présence de l'argent a amené l'amalgamation du platine, qui n'aurait pas été attaqué seul d'une façon si prononcée, et les deux métaux se sont dissous dans le mercure, le platine, toutefois, en proportion moindre que celle où il est présent dans l'alliage. Dans le troisième cas, des traces, seulement, de cuivre et d'étain ont été dissoutes par le mercure, quoique chaque constituant de l'alliage soit facilement dissous à l'état isolé; il s'est formé un amalgame solide. Ces expériences, interrompues par une maladie de l'auteur, montrent pour le moment que les réactions du mercure avec les alliages ne sont pas les mêmes qu'avec les métaux constituants séparés. — **M. F.-D. Chattaway** décrit une *méthode pour déposer*, de ses solutions aqueuses, *le cuivre sur le verre sous forme d'une pellicule mince à réflexion brillante et pour obtenir ainsi un miroir au cuivre.* L'auteur a pensé que l'argent pourrait être remplacé par le cuivre dans la fabrication des miroirs, en précipitant ce dernier à l'état métallique de ses solutions aqueuses par un réducteur approprié : ce réducteur est la phénylhydrazine. A un mélange d'une partie de phénylhydrazine fraîchement distillée et de 2 parties d'eau, on ajoute environ la moitié de son volume d'une solution saturée chaude d'hydrate de cuivre dans l'ammoniaque concentrée. L'hydrate cuprique est réduit en hydrate cuivreux, qui reste en solution. On ajoute une

Digitized by Google

solution chaude de potasse à 10 °/₀ et on chauffe avec précaution au contact d'une surface de verre parfaitement propre : le cuivre s'y dépose sous forme de couche mince réfléchissante, parfaitement cohérente. On peut répéter l'opération pour augmenter l'épaisseur de la couche; puis on maintient pendant une heure la pellicule en contact avec le liquide réducteur chaud et on laisse refroidir graduellement. Les miroirs obtenus sont très beaux; le verre soufflé se recouvre mieux que le verre poli. — **M. A. Mallock** a étudié la *sensibilité de l'oreille à la direction des sons explosifs.* L'auteur a remarqué que, lorsqu'on se tient devant le canon d'un fusil, non loin de la ligne de tir, le son perçu pendant le tir semble provenir non du point de tir, mais d'un point placé en avant du canon. Il en conclut que le son perçu n'est pas celui de l'explosion même, mais est causé par la surface d'onde engendrée dans l'air par le projectile se mouvant à une vitesse supérieure à celle du son. Si cela est juste, la direction apparente du son sera la normale à la surface d'onde engendrée aux divers points de la trajectoire et, si la direction de cette normale est connue, la vitesse du projectile au point correspondant pourra être calculée; inversement, si cette vitesse est connue, on pourra, par comparaison, déterminer la sensibilité avec laquelle l'oreille perçoit la direction d'un son. L'auteur a fait de nombreuses expériences dans cette voie, qui lui ont montré que l'oreille estime très exactement la direction des sons constitués par deux ondes; l'erreur ne dépasse pas quelques degrés.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 24 Janvier 1908.

M. W Rosenhain présente ses *recherches sur les courbes de recalescence.* Deux méthodes principales sont employées pour les obtenir : la « méthode de l'inverse de la vitesse », où l'on prend comme coordonnées la température t et dT/dt (T = temps), et la « méthode différentielle », où les coordonnées sont la température du corps et la différence de température entre le corps et un corps neutre. Dans ces deux types de courbes, les points de recalescence sont indiqués par des sommets. D'une étude théorique approfondie, l'auteur déduit que l'emploi du second type de courbe est le plus pratique, après l'avoir toutefois modifié sous forme de « courbe différentielle dérivée ». Il recommande de déterminer les courbes de recalescence par un refroidissement graduel plutôt que par un refroidissement rapide. Enfin, l'auteur décrit une recalescence observée pour la première fois et qui paraît se produire dans le corps de certains fours à une température de 580° C.; elle est attribuable à une transformation de la silice cristalline. Cette recalescence coïncide avec certains points du diagramme fer-carbone de Roberts-Austen et de Carpenter et Keeling, et il est probable que les recalescences observées par ces auteurs provenaient de la silice de leurs fours.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 16 Janvier 1908.

MM. J. J. Fox et **J. T. Hewitt** montrent que, si le *p*-hydroxyazobenzène possède la constitution qui est exprimée par son nom, les sels qu'il forme avec les acides minéraux ont une autre constitution. Ce ne sont pas des quinonehydrazones, comme ils le croyaient d'abord, ni des sels de carbonium, mais probablement des sels d'oxonium $C^6H^5.Az.HAz:C^6H^4:O(H)Cl$. — **M. Ph. Blackmann** commence la description d'une nouvelle méthode pour déterminer les densités de vapeur. — **MM. M. O. Forster** et **H. Holmes** ont constaté que le diazométhane agit sur l'isonitrosocamphre stable en donnant l'éther Az-méthylique, tandis que la modification instable est d'abord isomérisée en variété stable. Le chlorure de *p*-nitrobenzyle agit sur l'isonitrosocamphre en présence de C^2H^5ONa, en donnant un éther nitrobenzylique, F.175°, un corps qui en diffère par H^2O en moins, F.214°, et une huile. — **M. F. D. Chattaway** a constaté que les hydrazines aromatiques primaires sont rapidement attaquées par la plupart des substances capables de libérer facilement de l'oxygène. L'action principale consiste dans le remplacement du groupe hydrazine par H et dans le dégagement d'azote; mais il peut y avoir des actions secondaires, conduisant à la formation d'hydrocarbures diphényliques ou de dérivés azoïques. — **M. A. Slator** a observé que la vitesse de fermentation du dextrose, du lévulose, du galactose et du mannose est à peu près indépendante de la concentration du sucre entre 1 à 10 grammes par 100 centimètres cubes. Le coefficient de température est presque le même pour le dextrose, le lévulose et le mannose; il est un peu moindre pour le galactose. La plupart des levures sont incapables de faire fermenter le galactose si elles n'ont pas crû en présence de ce sucre. La vitesse de fermentation par la levure vivante peut être facilement diminuée par l'addition d'agents inhibiteurs, mais n'a pu être augmentée. — **MM. H. Marsden** et **F. S. Kipping** ont préparé le benzyléthyldipropylsilicane et, par l'acide chlorosulfonique, l'ont transformé en acide benzyléthyldipropylsilicanesulfonique $(C^2H^5)(C^3H^7)^2Si.CH^2.C^6H^4.SO^3H$, dont ils ont obtenu les sels de menthylamine, cinchonidine et quinine. Les auteurs ont obtenu également le chlorure de diphényléthylsilicyle $(C^6H^5)^2(C^2H^5)SiCl$, Eb. 206°-208° sous 50 millimètres, et l'oxyde correspondant, F.65°,5. — **MM. Ch. W. Moore** et **J. F. Thorpe** montrent que l'*o*-phénylènediacétonitrile, chauffé en solution alcoolique contenant une trace de C^2H^5ONa, est complètement transformé en α-cyano-β-iminohydrindène, qui peut être hydrolysé en α-cyano-β-hydrindone. Celle-ci réagit soit comme cétone, soit comme phénol, et par alkylation fournit des dérivés alkoxylés de l'indène. — **M. J. A. N. Friend** présente une nouvelle théorie de la valence. — **MM. J. J. Sudborough** et **J. M. Gittins** ont déterminé les constantes d'éthérification de seize acides gras normaux. La valeur de E à 15° avec l'alcool méthylique est de : 1124 pour l'acide formique, 104 pour l'acide acétique, 92 pour l'acide propionique, et de 50 à 54 pour tous les autres acides. — **MM. H. G. Denham** et **A. J. Allmand** ont constaté que l'électrode d'hydrogène se comporte anormalement dans les solutions de sels de plomb, et que ce fait doit être attribué à l'existence d'ions plombeux monovalents en solution. — **M. J. K. Wood** a étudié le caractère amphotère des hydrates d'arsenic et d'aluminium. Le premier est une base très faible, sa constante basique étant de l'ordre de 1×10^{-14}; sa constante acidique est de $6,3 \times 10^{-10}$. Le second est une base faible, son chlorure étant hydrolysé dans la proportion de 4 °/₀ à 25°; sa constante acidique est de $6,3 \times 10^{-13}$. — **MM. W. E. Cross** et **J. B. Cohen** ont reconnu que les bases pyridiques peuvent être employées comme porteurs d'halogènes dans l'halogénation des hydrocarbures aromatiques. — **M. Ed. Divers** présente quelques observations sur la décomposition de l'acide hyponitreux.

ERRATUM

Dans la *Revue* du 15 février, page 122, dans l'analyse de la communication de M. Dufour à l'Académie des Sciences de Paris, lire : « s'accorde », au lieu de : « ne s'accorde pas ».

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 5 15 MARS 1908

PHYSIO... Ithaca, N. ...

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Election à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans sa séance du 24 février, l'Académie des Sciences a procédé à l'élection d'un membre titulaire dans sa Section d'Astronomie, en remplacement de M. Maurice Lœwy, décédé. La Section avait présenté la liste suivante de candidats : en première ligne, M. B. Baillaud; en seconde ligne, MM. H. Andoyer, Maurice Hamy et P. Puiseux. Au premier tour de scrutin, M. Baillaud a été élu par 43 voix sur 54 votants.

Le nouvel académicien, qui était déjà membre correspondant de l'Institut depuis 1902, est bien connu par toute une série d'importants travaux astronomiques. Ceux-ci se rapportent principalement au développement de la fonction perturbatrice et au calcul des perturbations des comètes et des petites planètes, à l'observation des satellites de Saturne et enfin à la préparation de la carte photographique du Ciel.

M. Baillaud a dirigé pendant vingt-sept ans l'Observatoire de Toulouse, et, depuis peu, il a été appelé, également en remplacement de M. Maurice Lœwy, à la direction de l'Observatoire de Paris.

§ 2. — Astronomie

La Théorie du « Double courant » des mouvements stellaires. — Au Congrès des Arts et des Sciences, tenu à Saint-Louis (Etats-Unis), le Professeur J. C. Kapteyn, de Groningen, consacrait son discours à l'étude de la composition de l'Univers et annonçait au monde savant une découverte appelée à révolutionner nos idées sur la structure du monde stellaire. L'analyse des directions et des grandeurs des mouvements des étoiles l'avait conduit à cette conclusion que l'ensemble des astres se divise en deux séries principales, au moins, que ces deux séries ne sont pas animées de la même vitesse relative par rapport à notre système solaire et que, d'autre part, l'une d'elles possède un mouvement systématique par rapport à l'autre. Les *apex* de ces deux courants d'étoiles se trouvent situés dans le Ciel en deux points distants d'environ 125 degrés.

Le Professeur Kapteyn a réussi à déterminer, en une première approximation, le mouvement relatif de ces deux courants, mais il préfère attendre, pour entrer dans plus de détails, la discussion des observations faites au spectroscope. Ces observations donnent, en effet, des mesures absolument indépendantes des mouvements stellaires et M. Kapteyn pense qu'on y trouvera la confirmation de son hypothèse.

Le savant astronome s'était servi dans ses recherches des étoiles contenues dans le catalogue de Bradley dressé en 1750. Ces étoiles, au nombre de 2.600, sont surtout des étoiles visibles à l'œil nu; elles couvrent à peu près les trois quarts de la sphère céleste.

M. Eddington, adoptant en principe l'hypothèse du Professeur Kapteyn, a repris cette étude en se basant sur les étoiles observées par Groombridge en 1810 et dont MM. Dyson et Thackeray viennent de terminer une nouvelle réduction des mouvements propres. Le nombre des étoiles comprises dans ce catalogue est d'environ 4.200; toutes sont situées dans une zone distante de moins de 38 degrés du Pôle Nord. M. Eddington s'est également servi de 1.100 mouvements propres déterminés par Carrington et à moins de 9 degrés du Pôle. Alors que les étoiles du catalogue de Bradley sont presque toutes visibles à l'œil nu, celles qu'a étudiées M. Eddington sont, d'une façon générale, bien plus faibles, puisque la discussion a porté sur des étoiles de grandeur 9,5.

La conclusion a été que les deux courants se retrouvent dans tous les cas, et « il semble, dit M. Eddington, que l'on puisse conclure que toutes les étoiles, jusqu'au moins la grandeur 9,5 — au nombre de plus d'un demi-million, — sont comprises dans la théorie ».

N'oublions pas toutefois qu'un nombre très limité de ces faibles étoiles a été utilisé, et dans des régions partielles de la voûte céleste ; il pourrait donc se faire que la théorie ne rendît pas compte de tous les cas observés dans des régions jusqu'ici inexplorées.

Voici, en quelques mots, le principe qui a servi de base aux recherches de MM. Kapteyn et Eddington. Si notre Univers est unique et si les étoiles qui le composent sont animées de mouvements se dirigeant indifféremment dans tous les sens, nous reconnaîtrons la direction de notre propre mouvement en recherchant de quel côté de l'espace vient le plus grand nombre d'étoiles; celles-ci seront, en outre, animées de mou-

Digitized by Google

vements apparents plus considérables. Si donc l'observateur voyage vers le nord, c'est de ce côté que semblera venir le plus d'objets; du côté opposé, par contre, il en viendra très peu. Il suffit, dès lors, de compter les objets semblant venir de tous les points de l'espace et de reporter sur un graphique, autour d'un point central, le nombre de ces objets, la longueur de chaque rayon indiquant la quantité d'objets observés dans chaque direction. En réunissant les extrémités de ces lignes, on obtient ainsi une courbe ayant la forme d'un ovale, le point choisi primitivement comme centre étant sur le grand axe de l'ovale, mais situé de façon que le rayon le plus long soit dirigé vers le nord et le plus court vers le sud. Entre ces deux points se trouvent des rayons intermédiaires; à l'est et à l'ouest, les rayons sont égaux.

Ce principe, appliqué à l'étude des mouvements propres des étoiles, a donné un résultat tout différent. La courbe ainsi obtenue est très irrégulière et n'a pas la forme d'un ovale; de plus, le point choisi comme centre n'est pas sur le grand axe de la figure : il est placé d'une façon très excentrique.

On arrive ainsi à la preuve qu'il existe au moins deux Univers, deux courants stellaires que nous ne devons pas confondre. A l'aide de deux ovales réguliers, M. Eddington a pu retrouver la première courbe irrégulière : la question se trouvait ainsi résolue.

Le même calcul fut entrepris pour sept régions différentes entre lesquelles avaient été distribuées les étoiles du catalogue de Groombridge, et l'on constata toujours le même résultat, sauf quelques exceptions très secondaires.

M. Eddington poursuivit son étude plus avant : il rechercha les particularités propres à chacun de ces deux Univers, selon l'expression du Professeur Turner.

Les étoiles appartenant au courant I de M. Eddington semblent venir d'un point situé à 18 h. en ascension droite et + 18° en déclinaison, tandis que la position de l'*apex* du courant II est 7 h. 30 en ascension droite et + 58° en déclinaison. La vitesse dont sont animées les étoiles du courant I est trois fois plus grande que la vitesse des étoiles du courant II. Or, le fait que le Soleil se meut relativement lentement par rapport au courant II semble indiquer qu'il appartient à ce courant. Peut-on conclure, dès lors, que les étoiles du courant II sont plus voisines de nous que les étoiles du courant I, lesquelles formeraient, pour ainsi dire, une sorte d'arrière-plan? — Nullement. — Et, en fait, il semble bien que la différence entre la distance moyenne des deux courants n'est pas considérable. D'autre part, il paraît également démontré que la distribution des étoiles de chaque système est à peu près la même dans toutes les régions du ciel. En outre, chaque courant est formé d'une quantité à peu près égale d'étoiles, le courant I paraissant toutefois être un peu moins dense.

Des diverses considérations qui précèdent, on peut conclure que les deux courants stellaires, reconstitués par M. Eddington, se pénètrent mutuellement d'une façon très intime.

Après avoir fixé les mouvements des deux courants d'étoiles relativement au Soleil, M. Eddington a déterminé le mouvement du Soleil par rapport aux deux courants combinés; il a donc recherché l'*apex* solaire et il a trouvé comme coordonnées :

$$AR = 17^h45^m \qquad \delta = +31^\circ.$$

Cette position est naturellement très voisine de l'*apex* du courant I, puisque la vitesse de ce courant prédomine.

Avec les mêmes étoiles, mais par la méthode d'Airy, MM. Dyson et Thackeray ont trouvé pour la position de l'*apex* solaire :

$$AR = 18^h20^m \qquad \delta = +37^\circ.$$

L'ascension droite un peu supérieure, dans ce dernier cas, à la détermination précédente, vient probablement de ce que les astronomes de Greenwich ont employé les grandeurs des mouvements propres.

Rappelons ici que ces nombres concordent bien d'une façon générale avec ceux qu'ont fournis les dernières recherches. Newcomb, par les étoiles de Bradley, avait trouvé :

$$AR = 18^h30^m \qquad \delta = +35^\circ.$$

Porter, par la méthode de Kapteyn :

$$AR = 18^h42^m \qquad \delta = +49^\circ,3.$$

Struve, par une nouvelle discussion :

$$AR = 18^h20^m \qquad \delta = +23^\circ5.$$

Enfin, Campbell, par la vitesse spectroscopique sur notre rayon visuel :

$$AR = 18^h30^m \qquad \delta = +20^\circ.$$

Et Comstock, avec de nouveaux matériaux :

$$AR = 19^h48^m \qquad \delta = +28^\circ.$$

Toutefois, nous ferons remarquer que la position de l'*apex* déduit seulement des directions des mouvements propres, au moyen de la théorie des deux courants, a l'avantage d'être exempte de toute hypothèse sur la distance des étoiles; mais, par contre, ainsi que le fait entendre M. Eddington, l'erreur accidentelle probable est plus grande que dans les autres cas.

« Comme conclusion, dit M. Eddington, bien que la théorie du Professeur Kapteyn rende compte d'une manière simple de la façon très anormale et dissymétrique dont sont distribuées les directions des mouvements des étoiles, elle attend encore le verdict des déterminations spectroscopiques des vitesses stellaires radiales; les matériaux existent en abondance pour appliquer ce témoignage : ils attendent simplement l'examen de ceux entre les mains desquels ils se trouvent actuellement. L'étude des mouvements des étoiles encore plus faibles et des régions du ciel qui n'ont pas encore été explorées offre un vaste champ pour de nouvelles recherches. »

Abbé Th. Moreux,
Directeur de l'Observatoire de Bourges.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Sous-marins et aréonefs. — Après la navigation sous-marine, désormais entrée dans le domaine de la pratique courante, les récents essais qui ont si fort captivé la curiosité publique permettent de présumer que la navigation aérienne va bientôt, elle aussi, sortir de la période des tâtonnements. Il n'y a sans doute là qu'une coïncidence, les hommes qui s'occupent des sous-marins et ceux qui ont perfectionné les aéronefs étant des spécialistes de carrières différentes, gardant de part et d'autre leurs secrets. Pourtant, l'examen le plus superficiel montre que les deux problèmes à résoudre se touchent par beaucoup de points et que probablement les progrès réalisés d'un côté pourraient être utiles à connaître de l'autre.

La plongée d'un sous-marin et l'ascension d'un ballon sont des opérations tout à fait semblables. Le sous-marin, au départ, flotte : il est plus léger que l'eau ; on le charge en introduisant de l'eau dans ses water-ballasts jusqu'à ce qu'il soit légèrement plus lourd que le volume de liquide qu'il déplace; pour l'arrêter et le faire remonter, on l'allège en expulsant, au moyen de pompes ou à l'air comprimé, une partie de l'eau embarquée. Le ballon, plus léger que l'air, s'élève dès qu'on le lâche; pour le faire descendre, ne pouvant augmenter son poids, on diminue son volume en lâchant du gaz; pour le faire remonter ensuite, on diminue son poids en jetant du lest.

Le ballon ne peut pas faire un très grand nombre de changements d'altitude, étant limité par la dépense de

Digitized by Google

gaz et de lest, tandis que le sous-marin prend autour de lui l'eau qui lui est nécessaire pour ses changements d'immersion, et ne dépense que l'énergie exigée par la pompe (cette pompe peut, du reste, être mue à bras). Mais, par contre, le ballon livré à lui-même trouve toujours une position d'équilibre à une hauteur déterminée, telle qu'il y ait égalité entre son poids et celui de l'air qu'il déplace : la densité de l'air diminuant à mesure que l'on monte, cette égalité arrive forcément à s'établir; au contraire, le sous-marin qui descend sous l'action de la pesanteur ira jusqu'au fond de la mer sans trouver de profondeur d'équilibre, si aucune cause n'intervient pour l'alléger; il se comprime en descendant, tandis que le ballon qui monte augmente de volume; son mouvement d'immersion est un mouvement accéléré, tandis que celui d'ascension du ballon est un mouvement retardé. Cependant, il n'est pas très difficile de maintenir un sous-marin immergé à une profondeur quelconque, en expulsant ou introduisant des quantités d'eau peu importantes; on peut régler ainsi l'immersion, si on le désire, à quelques centimètres près; on arrive à un résultat analogue avec certains ballons, mais avec une approximation bien moindre : c'est que, dans l'eau, les frottements considérables interviennent pour empêcher les mouvements de prendre immédiatement leur accélération, et on a le temps d'opposer à la force qui rompt l'équilibre une autre force qui le rétablit.

La propulsion est obtenue, dans l'aéronef comme dans le sous-marin, par un moteur (ordinairement moteur à pétrole) actionnant une ou plusieurs hélices. Les hélices de l'aéronef peuvent être de grand diamètre et à rotation lente, ou de petit diamètre et tourner à un grand nombre de tours; l'un et l'autre système peuvent se défendre pour d'excellentes raisons : les partisans des rotations rapides disent que le fluide fuit en quelque sorte sous les ailes qui l'attaquent d'un mouvement trop lent; les autres, que, si les ailes tournent vite, elles font le vide dans l'espace qu'elles enveloppent et que leur rendement en est diminué; en fait, les deux solutions se valent : le *Patrie* et le *Ville-de-Paris* avaient le même volume (3.000 mètres cubes), des moteurs de puissance à peu près égale (70 chevaux), et ont donné sensiblement la même vitesse (11 mètres environ à la seconde), le premier avec des hélices de 2m,50 de diamètre tournant à 1.000 tours à la minute, le second avec une hélice de 6 mètres tournant à 180 tours. A titre d'indication, les hélices des sous-marins — comme la plupart des hélices de bâtiments — tournent à des vitesses qui ne dépassent guère 300 tours.

La position des hélices n'est pas indifférente. Sur les sous-marins, comme sur tous les navires, elles sont à l'arrière, en partie à cause des chocs possibles, en partie pour donner aux formes de l'avant une finesse qu'elles ne pourraient atteindre si elles portaient le propulseur. Sur la plupart des aéronefs, au contraire, elles sont à l'avant, afin de battre l'air avant qu'il ait été déplacé par le mouvement du vaisseau; sur certains (comme autrefois le *Patrie*), les deux hélices, actionnées par le même moteur, sont au milieu de la longueur, de part et d'autre de la nacelle; sur d'autres, enfin (les *Santos-Dumont*, par exemple), l'hélice est à l'arrière et son rendement ne paraît guère en être moins bon.

Les vitesses atteintes par les aéronefs sont beaucoup plus grandes que celles qu'ont réalisées les sous-marins : ceux-ci n'ont jamais dépassé jusqu'à présent 12 nœuds en marche à la surface (complètement émergés) et 8 nœuds avec la coque tout entière sous l'eau : cela fait à peu près 6 mètres et 4 mètres par seconde; l'objectif que l'on poursuit actuellement, c'est d'atteindre pour ces vitesses respectives des valeurs de 15 nœuds et 10 nœuds (c'est-à-dire 7m,50 et 5 mètres à la seconde); au contraire, on est arrivé très vite, avec le *Patrie* et le *Ville-de-Paris*, à 11 mètres ou même 12 à la seconde : cela représente 22 à 24 nœuds, c'est-à-dire une très belle vitesse de bâtiment de surface : la différence des frottements que produisent l'air et l'eau suffit à expliquer cet écart, que l'on trouve encore plus sensible si l'on réfléchit aux différences de volumes et de puissances des moteurs qui sont en jeu. Il n'est pas douteux que, tandis que la navigation sous-marine voit son champ d'action très limité par la difficulté d'augmenter la vitesse sous l'eau, la navigation aérienne ne fasse de ce côté de nouveaux progrès considérables, notamment par l'adoption des moteurs de plus en plus légers que l'industrie arrive à fabriquer actuellement et grâce auxquels on peut avoir une puissance très grande pour un poids infime.

La vitesse des aéronefs donne lieu cependant à un inconvénient capital. La légèreté de leur enveloppe devant, de toute nécessité, être extrêmement grande, sa rigidité est forcément faible, et dès qu'elle éprouve un balancement longitudinal, cette enveloppe risque de se plier, de rompre les câbles de suspension de la nacelle, de se briser même : ainsi se sont produits la plupart des accidents d'aéronefs, en particulier l'un des derniers, celui du *Pax* en 1901. Or, c'est un fait d'expérience que ces oscillations dangereuses se développent d'autant plus que la vitesse est plus grande : c'est pourquoi beaucoup d'aéronefs n'ont pu, par crainte d'accidents, utiliser toute la puissance de leur moteur. Le comte Zeppelin, inventeur d'un dirigeable expérimenté en Allemagne, a voulu tourner la difficulté en faisant une enveloppe rigide en aluminium ; mais l'inconvénient principal de cette solution est son poids, qui a obligé à agrandir le vaisseau aérien dans des proportions énormes : le *Zeppelin* a un volume de 12.000 mètres cubes, c'est-à-dire égal à celui de la carène immergée d'un cuirassé moderne; sa longueur atteint 130 mètres, et il est si difficile à manœuvrer qu'il lui faut, pour atterrir, la surface d'un lac; mais cependant les comptes-rendus les plus favorables lui attribuent une vitesse qui n'a pas dépassé 12 mètres à la seconde et qui n'a pu être soutenue longtemps.

Au point de vue de la vitesse, il n'est pas douteux que la solution la plus favorable ne soit fournie par les aéroplanes : l'utilisation de la puissance du moteur y est exceptionnellement bonne, la résistance offerte par l'air étant presque nulle, et il n'y a plus à craindre de déformations dues aux oscillations. Mais, précisément à cause des grandes vitesses que l'on atteint facilement avec ces appareils, on est arrêté dans leur emploi par d'autres difficultés, surtout par celle que l'on éprouve à les maintenir à la même hauteur et sans inclinaison longitudinale.

Cette difficulté est un des points les plus délicats du problème des aéronefs comme de celui des sous-marins. Dans l'un et l'autre cas, il a été résolu d'une manière à peu près identique : l'aéronef ou le sous-marin ayant été amené, par variation de poids, à une hauteur ou à une immersion donnée, et le moteur ayant été mis en marche, les réactions du fluide — eau ou air — contre sa carène tendront à lui imprimer des mouvements d'inclinaison longitudinale qui sont d'abord nuisibles et gênants en eux-mêmes, et qui ont, en outre, pour conséquence de rendre oblique la trajectoire que l'on voulait horizontale; on lutte contre cet effet en disposant autour de la carène des plans fixes horizontaux dont la surface est déterminée, tant par tâtonnements que par le calcul, de manière à équilibrer, par le frottement qu'ils produisent, les causes d'inclinaison : ce sont les plans de dérive ou plans stabilisateurs, qui ont pour rôle de donner au navire aérien ou sous-marin — comme les pennes à la flèche — la stabilité de route qui lui manquerait sans eux. L'installation est complétée par des plans fixes verticaux qui amortissent les oscillations latérales, le roulis. Ces plans sont ordinairement des tôles minces ou des toiles tendues sur une carcasse métallique; cependant, sur le *Ville-de-Paris*, on a préféré les remplacer par des tubes remplis de gaz, dont la surface extérieure joue le même rôle que les plans.

Les changements de hauteur de l'aéronef ou les

Digitized by Google

changements d'immersion des sous-marins peuvent, comme nous l'avons dit, s'obtenir par des variations de poids; mais c'est là un moyen brutal, et qui, de plus, dans le cas de l'aéronef, a l'inconvénient de dépenser du lest dont la provision est limitée. En outre, l'équilibre dont nous avons parlé, et qui est obtenu par les plans de dérive, ne peut jamais être qu'approximatif : la moindre cause suffit à le déranger; par exemple, si l'on manœuvre le gouvernail de direction qui existe à l'arrière pour permettre au navire de s'orienter comme il lui convient, on voit l'avant se relever d'une manière très sensible, et d'autant plus que le gouvernail aura été mis à un plus grand angle (cet effet est le même sur les aéronefs et les sous-marins). Pour rétablir l'équilibre détruit, on ajoute aux plans de dérive horizontaux d'autres plans qui les prolongent, mais auxquels on peut donner une inclinaison variable : ce sont les gouvernails d'altitude. Les sous-marins en possèdent ordinairement deux paires, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière; quelques-uns en ont une troisième paire au milieu; cette dernière n'a d'effet que sur la profondeur, et n'influe pas sur l'inclinaison de l'axe; les gouvernails des extrémités agissent sur l'inclinaison, et, par leur action combinée, sur l'immersion; pendant la marche, le poids du sous-marin ayant été réglé et rendu à très peu près égal à celui de l'eau déplacée, c'est uniquement au moyen des gouvernails que l'on produit les changements d'immersion nécessaires. De même les derniers dirigeables sont munis d'ailerons mobiles à l'arrière, pour corriger les tendances à l'inclinaison, et aussi au milieu, pour leur permettre de monter ou de descendre sans dépenser de lest ni de gaz. On peut même dire qu'à l'heure actuelle, c'est l'installation et la manœuvre de ces ailerons ou gouvernails qui a le plus besoin d'être perfectionnée (la manœuvre, en particulier, est très délicate); c'est grâce à eux, du reste, que l'on est arrivé, sur les derniers aéronefs, aux résultats très satisfaisants qui ont marqué les années 1906 et 1907. A. T.

§ 4. — Physique

L'influence des substances radio-actives de l'atmosphère sur les résultats des mesures d'électricité atmosphérique. — En étudiant les substances radio-actives qui se précipitent sur un fil chargé négativement et exposé à l'air libre, M. K. Kurz avait eu l'occasion de constater que l'effet ionisateur des produits de décomposition accumulés sur le fil peut être encore observé plusieurs heures après que le fil a été déchargé au moyen d'un électromètre à feuilles métalliques. Sans tension électrique, l'exposition du fil doit durer plusieurs heures : avec une tension négative de quelques centaines de volts, quelques minutes suffisent; enfin, avec une tension négative de quelques milliers de volts, il n'est plus besoin que de quelques secondes. Les tensions positives appliquées au fil se montrent sans effet.

Ces phénomènes ont conduit l'auteur à étudier plus en détail l'influence que les substances radio-actives précipitées de l'atmosphère doivent avoir sur les résultats des mesures d'électricité atmosphérique. Les recherches[1] qu'il vient de faire dans ce but lui ont donné les résultats suivants :

Dans le cas d'un corps à dispersion négativement chargé, il se produit à sa surface une accumulation de substances radio-actives solides, entraînant un déplacement des feuilles d'aluminium plus grand que le déplacement dû aux conditions d'ionisation positives naturelles. Dans certaines circonstances, l'on observe sur les corps à dispersion positivement chargés une modification pareille, due aux substances qui se déposent à l'intérieur du cylindre externe d'un condensateur à tubes.

Avec l'appareil à aspiration d'Ebert, le nombre d'ions dans le plan serait ainsi d'environ 4 °/₀ trop grand et la vitesse de 4 °/₀ trop petite. Dans le cas de l'appareil Gerdien, on obtient, en tenant compte des faits précédents, une chute de potentiel identique pour une charge négative ou positive de l'électromètre. Pour l'appareil d'Elster-Geitel, au contraire, il est impossible d'indiquer quantitativement l'influence de ces substances.

La raison ultime d'une semblable influence au point de vue de la théorie ionique serait due au fonctionnement de ces appareils avec courant saturé ou non saturé; les dispositifs employant uniquement les courants libres seraient sensiblement exempts de toute influence.

D'une façon générale, l'on peut affirmer que la part des ions libres positifs et celle des ions libres négatifs dans la conductibilité spécifique de l'atmosphère sont égales; en d'autres termes, un régime stationnaire, où le rapport des vitesses ioniques serait en même temps le rapport réciproque des nombres ioniques, tendrait à s'établir dans l'atmosphère. Ce régime final serait dû à l'influence différente qu'exercent sur les ions positifs et les ions négatifs les substances absorbées par les surfaces, la poussière, la fumée, la vapeur d'eau, etc. La mobilité différente des ions positifs et des ions négatifs déterminerait la prévalence des ions positifs libres sur les ions libres de signe opposé. Le courant de saturation entretenu par ces substances radio-actives dans chaque mètre cube d'air atmosphérique est calculé sur la base des quantités interceptées par un appareil à aspiration.

§ 5. — Agronomie

La production et la consommation du jute en 1906. — Les deux provinces du Bengale ont conservé jusqu'à présent le monopole exclusif de la culture du *Corchorus capsuloris* et du *Corchorus olitorius*, les deux plantes auxquelles on doit la fibre connue sous le nom de jute. Dans la présidence de Madras et au Népâl, on retire de l'*Hibiscus cannabinus*, appelé communément *Binlipatam jute*, une fibre qui serait inférieure à celle du Bengale, mais qui donnerait, mélangée à cette dernière, d'assez bons résultats.

Le Bengale, pays de plaines basses, avec un sol d'alluvion fortement saturé d'eau, grâce aux fleuves qui le baignent et surtout aux pluies abondantes qui le visitent pendant les mois les plus chauds de l'année (juillet, août et septembre), doit sans doute aussi à sa situation géographique et à ses particularités climatériques l'avantage d'être resté seul producteur d'une fibre qu'on s'arrache aujourd'hui. Ensemencée au commencement de mai, la plante arrive généralement à maturité vers la mi-août; elle est alors abattue et on la laisse sur place macérer dans l'eau pendant environ trois semaines, au bout desquelles, si les pluies n'ont pas fait défaut, l'écorce qui constitue la fibre est suffisamment amollie pour être enlevée à la main.

De 1897 à 1906, la surface ensemencée a passé de 871.093 hectares à 1.350.769, et la production, de 1.239.230 tonnes métriques à 1.757.640. Cet accroissement ne suffit pas aux besoins toujours plus considérables de l'industrie. Aussi, n'est-il pas surprenant que des efforts aient été tentés, tant ici qu'ailleurs, en vue de constituer de nouvelles sources de production[1]. On pourra, sans doute, étendre encore cette culture aux Indes mêmes, grâce au fait que les terrains ensemencés en jute peuvent, la même année, de fin août à décembre, donner une récolte avantageuse de riz. D'autre part, des essais ont été tentés à la Côte-d'Or sans grand succès; ceux des Victoria Falls auraient

[1] *Annalen der Physik*, n° 15, 1907.

[1] Production, industrie et commerce du jute dans l'Inde. *Moniteur officiel du Commerce*, 14 novembre 1907. — *Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France*, 1906, n° 579. Inde. Commerce extérieur de Calcutta en 1905-1906.

Digitized by Google

mieux réussi. Le delta du Tonkin et les zones littorales du sud de Madagascar seraient climatiquement favorables, mais il ne faut pas oublier qu'aux conditions culturales doit s'ajouter l'existence d'une main-d'œuvre très abondante et à bas prix, comme on la trouve aux Indes. On a cherché également un succédané pour l'emballage; le Brésil, notamment, a essayé des toiles de coton à bon marché; mais, jusqu'à présent, rien de pratique ne semble avoir été fait dans ce but.

Les premières expéditions de jute sur l'Europe eurent lieu vers 1830. En 1835, ces envois étaient de 1.150 tonnes; en 1855, ils atteignaient déjà le chiffre de 35.000 tonnes. Les exportations de 1906 se sont élevées à 714.830 tonnes. Les quatre grands pays importateurs sont: l'Angleterre (283.214 tonnes), l'Allemagne (168.337), les Etats-Unis (86.899) et la France (76.880).

La demande n'ayant pas cessé de dépasser l'offre, le prix du jute brut s'est élevé dans de fortes proportions: il a doublé de 1899 à 1907, passant de 289 fr. 80 la tonne (prix minimum) à 579 francs.

Pendant longtemps, les Indes ont exporté en Europe la presque totalité de leur production de jute brut, qui leur revenait en partie sous forme de sacs d'emballage. Mais ce pays — ou du moins quelques-unes de ses régions — a fini par s'industrialiser à son tour, et, à l'heure actuelle, plus de la moitié du jute brut est traitée sur place. Par suite de sa situation privilégiée au cœur même de la province du Bengale, Calcutta est, par excellence, le grand centre manufacturier du jute. Si la fabrication à la machine des tissus de jute est de date relativement récente, il n'en est pas de même du tissage à la main, qui remonte bien avant l'importation des étoffes de coton à bon marché. En 1906, on comptait 39 manufactures, représentant un capital nominal de 62 millions de francs, employant 144.879 personnes, avec un matériel de 21.986 métiers et 453.168 broches.

Le jute manufacturé (sacs, tissus pour sacs et emballages) va principalement dans les pays neufs, grands exportateurs de denrées agricoles: Etats-Unis, Argentine, Australie, Chili et Pérou, Angleterre, Hong-Kong, Etablissements des Détroits, etc. En 1906, l'exportation de ces articles s'est élevée à 238 millions de francs.

En Angleterre, le jute est travaillé depuis fort longtemps à Dundee et à Londres. En 1905, on comptait 107 fabriques avec 13.704 métiers et 278.141 broches. D'après les statistiques fournies au collecteur des douanes de Calcutta, l'Allemagne posséderait aujourd'hui 33 filatures et fabriques de jute, avec 7.106 métiers; l'Autriche-Hongrie, 22 filatures; les Etats-Unis, 18; l'Italie, 13. Nous ne connaissons pas le nombre exact de nos établissements de ce genre, mais nous pouvons nous faire une idée de leur importance par la quantité de jute brut que nous recevons et qui nous place au quatrième rang parmi les pays importateurs.

Le rapport consulaire que nous analysons signale, en outre, une augmentation des surfaces plantées en jute pour la campagne 1907. La production se trouvera donc accrue; mais, étant donnée la nature toujours très spéculative du marché du jute, il est difficile de prévoir s'il en résultera une baisse des prix.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

§ 6. — Physiologie

La résurrection des animaux électrocutés. — On se rappelle les belles expériences faites il y a quelque temps par M. Leduc sur la production de l'anesthésie totale ou partielle au moyen de courants intermittents à direction constante et à bas potentiel. Nous avons décrit ici même le dispositif construit par une maison allemande pour produire ces courants; M. Carpentier, en France, construit un appareil analogue permettant d'appliquer la narcose électrique dans la pratique courante du médecin.

Lors de son passage à Berlin, Mlle la Doctoresse Louise Robinovitch, de New-York, a bien voulu nous faire la démonstration de certaines expériences fort curieuses, relatives à l'action des courants Leduc sur l'organisme animal, et nous rendre compte des intéressantes recherches qu'elle vient de faire dans le laboratoire du savant français.

Mlle Robinovitch se sert couramment de l'anesthésie électrique locale pour ses opérations chirurgicales. Suivant ses indications, on réalise facilement l'insensibilité de l'avant-bras au moyen d'un potentiel de 25 volts, l'une des électrodes étant appliquée à l'intérieur du coude et l'autre à l'attache de la main.

Les phénomènes présentés par l'anesthésie électrique totale ou le *sommeil électrique* sont particulièrement intéressants. M. Leduc n'a pas craint de se soumettre à plusieurs reprises à cette expérience; il décrit, dans un récent travail[1], l'inhibition successive de toutes les facultés et l'impression pénible produite par l'impossibilité où l'on se trouve de communiquer avec les expérimentateurs, dont on entend la conversation comme en rêve. Mlle Robinovitch a étudié ces deux phénomènes sur de nombreux animaux d'essais, notamment des lapins. Elle recommande d'insérer le courant d'une façon tout à fait graduelle, afin d'éliminer tous efforts gênants. Aussitôt que le courant a été fermé, l'animal se montre inquiet, et, quand l'intensité du courant s'accroît, essaie de s'enfuir, sans pourtant pousser le moindre cri et sans paraître souffrir. Après quelques convulsions légères, il tombe sur le flanc, du côté où se trouve la cathode. Dès maintenant, le sujet est tout à fait calmé et, après avoir fermé les yeux, semble dormir; la respiration et les pulsations cardiaques sont absolument régulières. La tension électrique nécessaire pour réaliser cet état varie entre 5 et 6 volts pour une intensité de courant de 1 milli-ampère. Le lapin peut être laissé dans cet état de sommeil électrique pendant des heures; aussitôt que le courant est interrompu, il saute sur ses pattes et, loin d'éprouver le moindre malaise, présente les symptômes d'un bien-être particulier, d'accord, du reste, avec l'expérience personnelle de M. Leduc.

D'autre part, lorsqu'on lance à travers le corps de l'animal, pendant plusieurs secondes, un courant d'une tension relativement élevée, par exemple de 55 volts, et qu'on ouvre le circuit immédiatement après, l'on observe des phénomènes fort curieux et qui ressemblent à une attaque d'épilepsie.

Peu de secondes après la réouverture du circuit, le lapin exécute, en effet, des convulsions assez violentes; de l'écume apparaît à sa bouche, il grince des dents et, de temps en temps, pousse de petits cris. Un état comateux, durant de quelques minutes à une demi-heure, finit par s'établir. Cette épilepsie expérimentale est, on le voit, parfaitement analogue à une attaque d'épilepsie pathologique. La respiration et les fonctions du cœur ne paraissent pas être gênées par le courant épileptisant, dont l'action se borne, en apparence, à une altération du système nerveux superficiel, conduisant à cette crise pseudo-épileptique.

Les phénomènes produits par un courant d'une tension de 12 à 15 volts, agissant sur le corps du lapin une demi à une minute, sont tout différents; il se produit, en effet, dans ce cas, une véritable électrocution de l'animal. Il ne suffit pas, comme dans le sommeil électrique, d'interrompre le courant pour rétablir l'état normal; bien au contraire, les pulsations cardiaques et les mouvements respiratoires cessent tout à fait, et la mort, sans l'intervention de l'expérimentateur, serait inévitable.

Comme Mlle Robinovitch l'a constaté, on peut cependant établir, par des impulsions de courants électriques, — se succédant dans le rythme même de la respiration, — une respiration artificielle, suivie, dans la plupart des cas, par la respiration spontanée et par le rétablissement complet du sujet.

[1] *Archives d'Electricité médicale*, 15 juillet 1903.

Digitized by Google

Ces phénomènes sont illustrés[1] par la figure 1, représentant à la partie supérieure la courbe respiratoire et à l'inférieure la courbe des pressions artérielles. Les portions initiales du côté gauche de ces courbes correspondent à l'état normal, précédant l'application du courant léthal; chaque dent représente une inspiration et expiration complète.

Aussitôt que le courant léthal a été inséré, il se produit, comme le font voir la montée et la descente rapides des courbes, une respiration violente, après quoi la respiration cesse tout à fait. Les convulsions de l'animal, qui se produisent pendant les premières secondes, ne tardent pas à disparaître à leur tour; l'animal est parfaitement inanimé, non seulement en apparence, mais suivant les courbes enregistrées par le sphygmomètre; la pression artérielle décroît rapidement, comme pendant l'extinction naturelle de la vie.

Or, les moitiés droites des courbes font voir les phénomènes qui se présentent pendant l'application d'impulsions rythmiques de courants électriques. Après avoir continué cette respiration artificielle pendant peu de temps (avec de brefs intervalles pour observer les résultats), on voit la respiration spontanée réapparaître, et après quelques minutes l'animal est parfaitement ranimé; bien qu'il soit naturellement fatigué par cette expérience, il peut la subir à plusieurs reprises sans lésions apparentes; le lapin présenté à l'auteur avait été bien des fois tué et ressuscité, et n'en avait pas moins l'air de se porter assez bien.

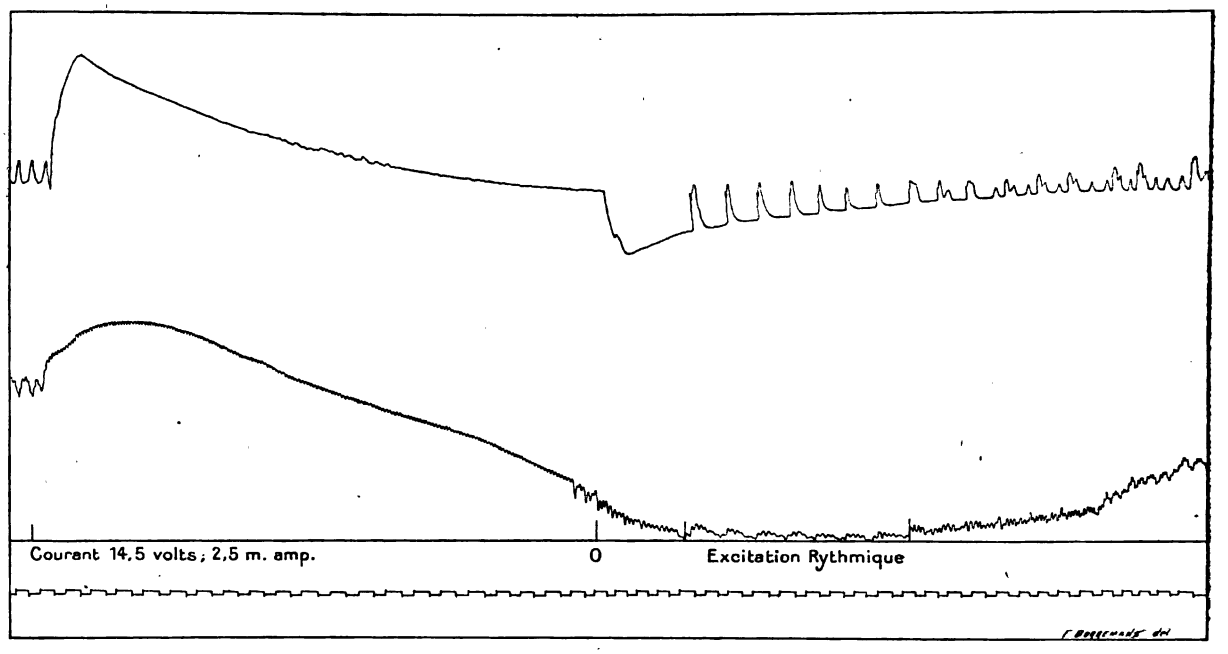


Fig. 1. — *Electrocution du lapin et résurrection par des excitations rythmiques avec le même courant.* — En commençant par O, les trois traits indiquent : 1° l'ouverture du circuit; 2° le commencement des excitations rythmiques; 3° la réapparition des mouvements respiratoires spontanés.

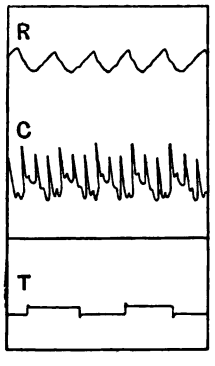


Fig. 2.

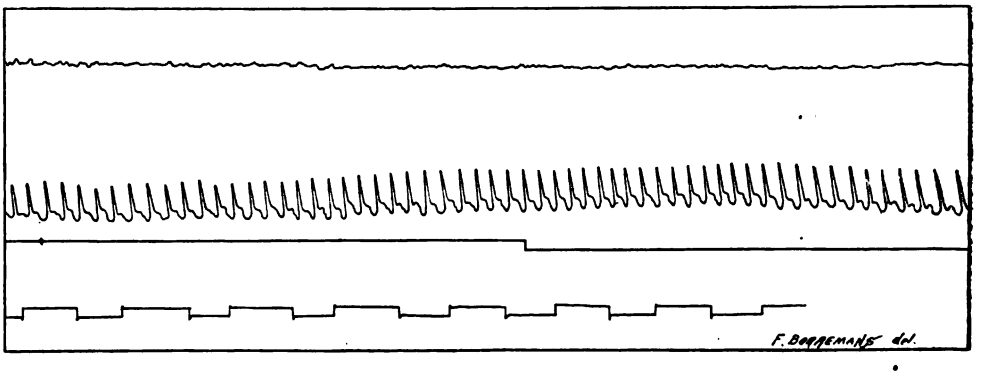


Fig. 3.

Fig. 2 et 3. — *Influence du courant sur les animaux.*

Fig. 2. *Tracé normal.* — Fig. 3. *Inhibition respiratoire, le cœur continuant à battre.* — R, respiration; C, cœur; T, temps (une oscillation double = 2 secondes). Voltage, 10 volts; période, 1/10.

Les expériences de Mlle Robinovitch permettent de tirer des conclusions fort intéressantes quant au mode de la mort par électrocution. Comme le font voir les figures 2 et 3, l'inhibition affecte d'abord la respiration, tandis que les fonctions cardiaques continuent. Si, dans le cas représenté par cette courbe, l'action du

[1] L. G. Robinovitch : Sommeil électrique, Thèse, Nantes, 1906, et *The Journal of Mental Pathology*, n° 2, 1907.

Digitized by Google

courant sur le corps de l'animal avait été prolongée même pendant quelques secondes, la mort aurait été imminente, l'asphyxie suivie de paralysie du cœur en étant la cause immédiate. Cette expérience a cependant été interrompue à temps pour permettre à l'animal de se rétablir spontanément après cessation du passage du courant. Pendant une série d'expériences relatives à l'électrocution, le cœur a continué à battre après la mort du sujet, même après que le thorax eut été ouvert et le cœur dégagé. Dans un cas spécial, le cœur a continué à battre pendant une demi-heure après l'autopsie; mais, comme les vaisseaux communiquant avec le cœur ne renfermaient plus de sang, ses pulsations étaient évidemment à vide.

Dans bien des cas, on réussit à rappeler à la vie des animaux électrocutés par le courant Leduc en leur appliquant des impulsions de courants d'une tension identique à celle du courant léthal, pourvu que ce traitement soit institué promptement après l'ouverture du courant. Dans d'autres cas, Mlle Robinovitch s'est servie d'une tension différente du potentiel électrocuteur.

Quant à la possibilité d'une utilisation pratique de ces résultats, on peut affirmer, en premier lieu, que le procédé pourrait s'appliquer aux personnes amenées, par accident, au contact d'une canalisation électrique d'une tension allant jusqu'à 2.000 volts. En opérant la respiration artificielle par voie électrique, on pourra, en effet, ranimer le malade, pourvu que le traitement soit appliqué sans tarder. Au lieu de l'interrupteur Leduc, on pourra se servir à la rigueur d'un interrupteur à mercure ordinaire. Cette méthode sera d'une application particulièrement commode dans les localités où les canalisations électriques conduisent du courant continu; dans les circuits alternatifs, il faudra opérer une conversion préalable en courant continu.

L'utilisation de la méthode de Mlle Robinovitch pour ranimer les malades succombant à une syncope pendant la narcose par le chloroforme ou l'éther paraît, toutefois, être encore plus importante. L'issue trop souvent fatale de ces narcoses sera peut-être évitée dans tous les cas en disposant tout pour l'application des courants Leduc avant de procéder à l'anesthésie.

L'intérêt scientifique de ces expériences réside surtout dans la démonstration qu'elles fournissent de l'allure graduelle de l'extinction de la vie, dont les phases initiales (cessation de la respiration et des fonctions cardiaques), c'est-à-dire la mort dite « physiologique », peuvent, semble-t-il, être réparées par un traitement convenable, pourvu toutefois qu'il n'existe pas de cause de mort « pathologique ». **Alfred Gradenwitz.**

§ 7. — Enseignement et Sociétés

Le nouvel Institut de Chimie de l'Université de Paris. — L'architecte de la Sorbonne, M. Nénot, vient de prendre possession du vaste domaine que bornent les rues d'Ulm, Saint-Jacques et Gay-Lussac, et sur lequel vont s'élever des annexes monumentales de la Sorbonne : l'*Institut de Chimie* et, un peu plus tard, l'*Institut d'Océanographie*.

Les terrains (environ 23.000 mètres) ont été achetés, ainsi que nous l'avons dit dans la *Revue*, grâce aux générosités de l'Etat, de la Ville de Paris et du prince de Monaco. l'Université de Paris ayant fait le reste. Les constructions, dont le prix s'élèvera à 1.680.000 fr., seront un cadeau de la Ville et de l'Etat; l'Université s'est chargée de la coûteuse installation de ses amphithéâtres et de ses laboratoires. Les travaux vont commencer, et M. Nénot espère qu'en novembre 1910 l'Université de Paris pourra inaugurer son nouveau palais.

Il est intéressant d'indiquer les raisons qui ont déterminé l'Université aux dépenses considérables qu'elle vient d'assumer. On sait que l'Institut de Chimie avait été installé dans la nouvelle Sorbonne très largement; on avait cru que cette installation suffirait pour longtemps. C'est qu'on n'avait pas prévu cette affluence des travailleurs qui s'est produite dans presque tous les laboratoires. Ceux-ci reçoivent, en moyenne, cinq ou six fois plus d'étudiants qu'il y a dix ans. Le laboratoire de Botanique, par exemple, était fréquenté, il y a dix ans, par 25 élèves; il en reçoit aujourd'hui 120. Il y a même lieu, croyons-nous, de se demander dans quelle mesure cette affluence des élèves et des chercheurs sert véritablement les intérêts de la science. La création de nombreux certificats d'études, qui ne consacrent qu'un savoir bien restreint et qu'on tend de plus en plus à substituer à des diplômes beaucoup plus difficiles à acquérir, tels que ceux des anciennes licences, attire de plus en plus dans nos laboratoires des non-valeurs encombrantes.

Quoi qu'on pense des réformes à accomplir à ce sujet, l'accroissement du nombre des travailleurs est un fait, et il faut compter avec lui. Avant la nouvelle loi militaire, on avait cru pouvoir l'expliquer par le désir d'une réduction du temps à passer dans l'armée active; mais le service de deux ans pour tous a été établi et le nombre des étudiants n'a pas diminué dans les laboratoires.

Il fallait donc donner de l'espace à chaque branche de la science et, pour cela, il n'y avait d'autre moyen que d'en mettre une, au moins, hors de la Sorbonne. On se décida pour la Chimie, sans doute parce qu'elle tient beaucoup de place et aussi parce qu'elle avait une annexe à reconstruire d'urgence : l'Institut de Chimie appliquée qui fut installé, en 1895, rue Michelet, dans des bâtiments provisoires construits en 1883 pour durer dix ans, il y a vingt-quatre ans! Ces bâtiments tombent par morceaux et constituent un réel danger pour les maîtres et les élèves. Cette école de Chimie appliquée va donc être réunie à l'Institut de Chimie.

Ce nouvel Institut aura une façade monumentale de 140 mètres de longueur. Au centre, un pavillon légèrement en saillie, et de chaque côté un amphithéâtre et les laboratoires. Au premier étage, la bibliothèque. Autour de ce palais, s'étend un vaste terrain, d'un hectare et demi, qui sera planté en jardin. Ce sera une réserve pour le jour où l'Université de nouveau se sentira trop à l'étroit à la Sorbonne.

Quant à l'Institut d'Océanographie, qui s'élèvera à l'angle des rues Saint-Jacques et Gay-Lussac, on n'en est encore qu'à la période d'études.

Le Prix Hodgkins. — En 1891, M. T. G. Hodgkins faisait à la *Smithsonian Institution*, de Washington, un don dont le revenu devait être consacré en partie « à la diffusion et à l'accroissement de nos connaissances sur la nature et les propriétés de l'air atmosphérique en relation avec le bien-être de l'homme ». Conformément aux intentions du donateur, la *Smithsonian Institution* a décerné à plusieurs reprises des prix, médailles ou subventions pour encourager des recherches de ce genre ou imprimer des publications.

A l'occasion de la prochaine réunion du Congrès international de la Tuberculose, qui doit se réunir à Washington du 21 septembre au 12 octobre, une récompense de 7.500 francs, prise sur ce fonds, est offerte au meilleur traité qui sera présenté au Congrès « sur les relations de l'air atmosphérique avec la tuberculose ». Les mémoires pourront être écrits en anglais, français, allemand, espagnol ou italien; ils seront examinés; et le prix décerné par un Comité nommé par le secrétaire de la *Smithsonian Institution* avec le concours du Bureau du Congrès.

Pour tous renseignements, on peut s'adresser au *Secrétaire de la Smithsonian Institution*, à Washington.

Digitized by Google

LES PROGRÈS LES PLUS IMPORTANTS DES DISCIPLINES CHIMIQUES DANS LES QUARANTE DERNIÈRES ANNÉES[1]

I. — LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHIMIE GÉNÉRALE ET DE LA CHIMIE PHYSIQUE

Quoique la Physique et la Chimie travaillent en principe exactement d'après les mêmes méthodes et visent le même but, qu'Helmholtz a défini pour la Physique d'une façon si concise : « Exercer, par la forme logique de la loi, notre domination spirituelle sur la Nature qui nous était d'abord étrangère », cependant la diversité des problèmes et des moyens a provoqué dans le détail une séparation des deux disciplines. Comme conséquence du fait que la puissance de travail du physicien et du chimiste était presque entièrement absorbée par les tâches spéciales de leur domaine, une large région-frontière entre les deux sciences est restée longtemps négligée ; ce n'est que dans l'intervalle de temps que mon exposé doit embrasser qu'un vif intérêt pour la Chimie physique et théorique s'est réveillé.

Personne ne contestera que, dans la maîtrise théorique de la matière, la Physique n'ait possédé pendant longtemps et ne possède encore en partie une avance. Il est bien facile de comprendre pourquoi il ne pouvait en être autrement. Le physicien, dans ses recherches, n'a souvent besoin que d'un matériel expérimental relativement minime pour aboutir aussitôt à la domination théorique du domaine qu'il explore ; pour prendre un exemple, il lui suffit de connaître, de l'air atmosphérique, la densité à une seule température et à une seule pression pour pouvoir développer mathématico-physiquement, avec l'aide unique des lois des gaz et des principes de la théorie de la chaleur, la doctrine des vibrations sonores et, par là, les fondements de l'Acoustique dans toute leur généralité. Que de problèmes différents et plus complexes le chimiste doit résoudre pour l'air atmosphérique, qu'il s'agisse soit d'en élucider la composition jusque dans ses dernières parties, soit d'en traiter les équilibres, remarquables et compliqués, qui s'établissent aux hautes températures.

La Chimie possède aujourd'hui un corps de doctrines théoriques qui ne redoute pas la comparaison avec la Physique. Quelle masse de matériaux expérimentaux ne se trouve pas ordonnée dans la Table des poids atomiques? Que de choses le savant ne peut-il pas tirer des chiffres, en partie sous forme quantitative, comme la composition, les chaleurs spécifiques, les densités de vapeur, les abaissements du point de congélation, etc., pour d'innombrables substances ? Que de choses ne peut-il prévoir, au moins en traits généraux, quant à beaucoup d'autres propriétés physiques et chimiques, lorsqu'il appelle encore à son secours le si heureux artifice de la classification périodique? Le fait même qu'une telle abondance de matériaux ait pu être réunie eut pour conséquence, après qu'on eut réussi à les ordonner, d'en multiplier l'importance.

La doctrine de la constitution des combinaisons organiques nous en fournit un bon exemple. Bientôt, quand les composés organiques auront été rassemblés dans une nouvelle édition du Lexique de Beilstein que prépare notre Société, on se trouvera en présence de plus de cent mille formules de structure, comme nous l'a appris un avis de l'éditeur. C'est au moyen de la théorie dont nous parlons qu'une grande partie de ces combinaisons a été trouvée et c'est avec son aide seule que ce matériel géant peut être soumis à une classification et à une description systématiques. Et, si l'on réfléchit ensuite à tout ce que l'homme du métier peut lire dans les formules de structure et à la masse de données expérimentales qui ont dû souvent être obtenues pour l'établissement d'une seule de ces formules, la théorie de la constitution des combinaisons organiques se tient sans aucun doute, en ce qui concerne la quantité de matériaux d'observation logiquement domptés, à la tête de toutes les théories que l'esprit de l'homme a imaginées.

Un autre effet du développement de la Chimie au point de vue théorique consiste en ce que le travail théorique et expérimental ne se distingue déjà plus dans un grand nombre de cas, parce que la plupart des branches de la Chimie ont été complètement pénétrées par la théorie. Par conséquent, ma tâche d'aujourd'hui ne sera pas de donner un aperçu sur l'ensemble de la Chimie théorique ; le

[1] Le 11 novembre dernier, la Société Chimique Allemande célébrait à Berlin le 40e anniversaire de sa fondation. A cette occasion, quatre de ses membres les plus éminents, MM. W. Nernst, H. Landolt, C. Graebe et O.-N. Witt, ont exposé les progrès les plus importants des disciplines chimiques pendant les années qui se sont écoulées depuis la création de la Société. Nous reproduisons ci-après les deux premières de ces conférences, relatives à la Chimie générale et à la Chimie inorganique, en réservant pour un prochain numéro de la *Revue* les deux dernières, qui concernent la Chimie organique et la Chimie technologique.

Digitized by Google

second conférencier exposera la doctrine du système périodique des éléments; le troisième, le développement de la Chimie structurale des combinaisons organiques.

I

Dans la première partie de notre aperçu, nous considérerons les rapports entre les propriétés physiques et la constitution chimique, qui, dans la première moitié de l'époque qui nous occupe, ont formé le domaine principal de la recherche physico-chimique.

L'exposé de ces travaux sera très facilité par un mode de désignation systématique, d'après lequel ces propriétés se divisent en trois groupes.

Il y a d'abord la mesure des grandeurs accessibles, qui permet de tirer immédiatement une conclusion sur la valeur du poids moléculaire, et que l'on peut brièvement désigner sous le nom de *propriétés molaires*. Parmi celles-ci, comme Avogadro l'a déjà montré, se place en première ligne la densité des gaz; mais il était réservé à l'époque nouvelle, par les méthodes de mesure directe ou indirecte de la pression osmotique, de mettre au jour également les déterminations du poids moléculaire des substances dissoutes. Pour la détermination du poids moléculaire des liquides, la mesure du coefficient de température de la tension superficielle fournit avant tout un appui; la chaleur de vaporisation, les constantes critiques, les courbes de tension de vapeur et une série d'autres propriétés peuvent aussi trouver un emploi plus ou moins sûr dans le même but. Toutes ces méthodes conduisent, en complète concordance les unes avec les autres, au résultat que la plupart des substances, par exemple tous les hydrocarbures saturés, possèdent à l'état liquide le même poids moléculaire qu'à l'état gazeux, mais qu'une série de substances comme les alcools, et avant tout l'eau, sont plus ou moins fortement polymérisées à l'état liquide. Mais quel est le degré de polymérisation en chaque cas particulier? Quel équilibre s'établit chez les liquides purs? Ces questions, des plus intéressantes, se dérobent malheureusement encore à une solution exacte, métrique.

Comme résultats les plus importants de ces nouvelles méthodes de détermination du poids moléculaire, spécialement de la méthode osmotique, signalons d'abord la conception nette de l'existence des solutions colloïdales comme d'un passage entre les vraies solutions et les suspensions mécaniques, ensuite la précision plus complète de la notion d'*ion*, sur laquelle nous reviendrons plus loin.

Une seconde série de propriétés est désignée sous le nom d'*additives*. La propriété de la combinaison est ici égale à la somme des propriétés des composants. C'est évidemment le cas le plus simple que l'on puisse imaginer, mais en même temps toute conclusion sur la grandeur et la structure de la molécule nous échappe; parmi ces propriétés, signalons, outre les volumes moléculaires des combinaisons organiques liquides, la réfraction moléculaire, la rotation magnétique, la chaleur de combustion et le coefficient critique.

Une troisième série de propriétés ne dépend pas seulement de la nature des atomes qui existent dans la molécule, mais aussi de leur disposition dans la liaison moléculaire; on les désigne, à cause de cela, par le terme de *constitutives*. Ainsi la réfraction moléculaire des hydrocarbures ne dépend pas seulement du nombre des atomes de carbone et d'hydrogène, mais aussi du fait qu'il existe ou non des liaisons multiples entre les atomes de carbone.

Ici on est arrivé à un résultat très important, en attribuant à la double liaison un équivalent de réfraction déterminé et en tenant compte avec une grande approximation de l'influence de la constitution par un retour à la forme additive.

Fréquemment, certaines propriétés ne se présentent que pour des groupements d'atomes tout à fait déterminés; dans ce cas, une règle qualitative est déjà de grande valeur, en ce que, inversement, de l'apparition de ces propriétés on peut conclure à l'existence de formes de constitution déterminées. Le pouvoir de rotation optique des combinaisons du carbone, qui est lié à l'existence, dans la molécule, d'un ou plusieurs atomes de carbone asymétrique (ou de figures asymétriques analogues), nous offre ici un exemple classique.

De même, dans les combinaisons organiques, on peut conclure de l'apparition de la couleur, ou plus exactement de certaines bandes d'absorption caractéristiques, ainsi que de la fluorescence, à l'existence de certains groupements dans la molécule. A la même catégorie de propriétés appartient, dans un sens plus large, la conductibilité électrolytique, qui indique l'existence d'ions libres, c'est-à-dire de combinaisons d'éléments ou de radicaux avec des électrons; ensuite, l'apparition de la valeur maximum 5 : 3 pour le rapport des chaleurs spécifiques d'un gaz est, d'après la théorie cinétique des gaz, liée à la condition de la mono-atomicité, conclusion qui, comme on le sait, a été d'abord appliquée à la vapeur de mercure et qui, dans ces derniers temps, a rendu des services inestimables pour la détermination du poids atomique des éléments du groupe de l'argon.

En dernière analyse, toutes les propriétés sont d'ailleurs probablement constitutives, et l'acception

Digitized by Google

d'une manière de se comporter purement molaire ou purement additive n'est toujours qu'une approximation plus ou moins éloignée; souvent même, dans des domaines qu'on avait expliqués déjà en grande partie par le schéma additif, de grosses difficultés sont apparues quand on s'est livré à une recherche plus profonde. Il faut donc d'autant plus mettre en évidence un cas spécial où, tout au moins, la théorie paraît s'être laissée achever avec la dernière exactitude

On y a réussi précisément pour les densités des gaz, qui ont offert, pendant longtemps, le seul moyen de détermination des poids moléculaires; à cause de l'écart que tous les gaz réels présentent avec les lois des gaz parfaits, il ne s'agissait naturellement à l'origine que d'une méthode d'approximation. Mais, à notre époque, on a appris, avec le secours de la formule de van der Waals, spécialement en utilisant la compressibilité, à réduire les gaz à l'état gazeux idéal, et l'on est parvenu alors à des valeurs absolument exactes des poids moléculaires relatifs.

On a ainsi atteint deux buts : d'abord, on a prouvé que la plus importante des lois moléculaires théoriques que nous possédions, la règle d'Avogadro, paraît être une loi naturelle infiniment exacte; ensuite, on a acquis en même temps une nouvelle méthode (purement physique) de détermination des poids atomiques, qui peut se comparer pour l'exactitude aux méthodes chimiques analytiques, mais qui naturellement reste bornée aux cas où l'on peut déterminer exactement la densité et la compressibilité de gaz chimiquement purs.

La solution du problème qui consiste, pour d'autres propriétés physiques, à conduire également loin l'expérience et la théorie, comme on y a réussi dans le cas précédent, paraît être encore très éloignée; en général, l'exactitude et, par là aussi, la sécurité du traitement théorique ont prospéré davantage dans le domaine de la doctrine des états correspondants, dont nous allons maintenant nous occuper.

II

Dans la considération théorique des processus naturels, on a reconnu en général comme nécessaire de n'envisager d'abord que de très petites variations du système observé; pour une variation étendue, il se produit dans la règle tant de phénomènes accessoires complexes que notre œil spirituel ne peut plus les embrasser. Nous voyons ainsi, dans la Physique théorique, la quintescence de presque toutes les théories représentée par une équation différentielle, c'est-à-dire par une formule mathématique qui ne considère que des variations infiniment petites. L'établissement d'une équation différentielle (en supposant, bien entendu, qu'elle soit valable) possède donc une signification symptomatique pour une science, car son utilisation prouve qu'on a jeté un regard profond dans l'existence du domaine de phénomènes correspondant. C'est par un hasard heureux et rare qu'il y a quarante ans fût établie en Chimie la loi de l'action de masse.

Je me rappelle encore très vivement la grande surprise que j'éprouvai lorsque, pour la première fois, une équation différentielle m'apparut dans l'étude de la vitesse de réaction de la saponification des éthers et, avant tout, lorsque je constatai, d'après les tableaux d'observations, combien nettement l'intégrale de cette équation est confirmée par l'expérience. Combien turbulents, combien irréguliers, combien dépendants de toute espèce d'éventualités nous apparaissent au premier regard les phénomènes chimiques; et cependant la loi chimique de l'action de masse nous apprend que, si nous laissons de côté les phénomènes secondaires de sursaturation et autres semblables, si nous maintenons la température constante et si nous considérons un système chimiquement homogène, nous sommes en présence de phénomènes très clairement précisés et calculables avec la rigueur mathématique.

La loi de l'action de masse fournit en même temps la loi de la Statique chimique et la loi de la Cinétique chimique; elle donne ainsi à la fois les cadres pour l'examen expérimental de l'équilibre chimique et de la vitesse de réaction chimique. Je puis donc citer comme le résultat le plus important des quarante dernières années dans notre domaine le fait que non seulement nous sommes renseignés sur les lois de l'équilibre chimique et de la vitesse des réactions, mais surtout que nous disposons de très nombreux faits d'expérience qui sont logiquement régis par la loi d'action de masse.

Cette loi est, comme je l'ai dit, de l'importance la plus générale; mais l'expérience nous montre que les théories générales n'apportent que peu de profits : on n'atteint jamais les vrais résultats que par une heureuse spécialisation. La Chimie organique, caractérisée par l'inertie de la liaison du carbone, offrait un vaste domaine à l'emploi de la Cinétique chimique; les solutions des sels, des acides et des bases dans l'eau, caractérisées par le cours pratiquement instantané d'une certaine catégorie de réactions chimiques, fournissaient un domaine presque inépuisable d'équilibres chimiques.

Et ici intervient le secours de la loi de la dissociation électrolytique, qui dérive — il est vrai, en principe — des travaux expérimentaux sur la

Digitized by Google

conductibilité électrique des solutions salines diluées, mais qui a trouvé sa première base expérimentale sûre dans la méthode osmotique de la détermination des poids moléculaires.

L'importance de cette doctrine s'étend au loin sur le domaine propre de la Chimie; si nous voulons en caractériser brièvement l'application aux processus chimiques, le profit obtenu par cette théorie consiste en ce qu'elle a permis un emploi précis des lois de la Statique chimique aux solutions aqueuses caractérisées et, par là, à la multitude des réactions de la Chimie analytique ordinaire.

Le perfectionnement ultérieur de cette doctrine a conduit à une théorie très détaillée de l'équilibre dans les solutions diluées, en particulier à la preuve que, lorsque l'on connaît pour un solvant les coefficients de dissociation et de solubilité d'espèces de molécules électriquement neutres, composées de plusieurs ions combinés, on peut calculer l'équilibre dans ce solvant; si l'on connaît, en outre, les coefficients dits de répartition, l'équilibre dans d'autres solvants quelconques est également donné.

A cause de la simplicité de l'état gazeux, on devait s'attendre à ce que l'application de la loi d'action de masse fût ici particulièrement profitable. Mais il se trouve qu'aux basses températures on observe généralement de très petites vitesses de réaction, comme pour beaucoup de réactions de la Chimie organique; aux hautes températures, par contre, l'équilibre s'établit pratiquement en un instant, comme dans les réactions ioniques. Mais, précisément dans ce domaine, des influences catalytiques difficiles à contrôler, pour ce qui concerne les basses températures, et des difficultés expérimentales inhérentes à la nature des choses, pour ce qui concerne les hautes températures, se sont mises en travers de la route. Il faut espérer toutefois que, dans ce domaine des réactions gazeuses, dans lequel on travaille actuellement avec ardeur de différents côtés, on obtiendra bientôt de riches matériaux et un profit théorique correspondant.

L'application de la Thermodynamique aux phénomènes chimiques constitue un second domaine dans lequel les méthodes de la Physique théorique ont été d'un emploi fructueux. Là aussi, le premier pas heureux en avant a été fait il y a environ quarante ans : le travail auquel je fais allusion se trouve dans le tome II des *Berichte* de notre Société. C'est la preuve particulièrement importante que la loi chimique de l'action de masse doit être reconnue comme un postulat strict de la Thermodynamique.

Parmi les résultats ultérieurs obtenus dans cette voie, je dois faire ressortir que, seule, l'aide de la Thermodynamique a permis une étude intime et complète des équilibres hétérogènes, spécialement dans le cas où des mélanges de concentration donnée (et non seulement des solutions diluées) participent à l'équilibre. Pour les cas spéciaux des équilibres hétérogènes, on utilise la *règle* dite *des phases*, qui exprime en principe que, dans tous les cas, des équilibres déterminés (stables) correspondent à des circonstances données de température, de pression et de concentration; cette règle constitue donc plus un schéma sûr qu'une théorie propre, et c'est pourquoi, de plusieurs côtés, on nous a mis en garde d'en exagérer la valeur. Plus importante en principe est la mise en évidence de deux sortes de stabilités des combinaisons chimiques : l'une *apparente*, conditionnée par le fait que la vitesse de décomposition est extrêmement petite (exemples : l'oxyde d'azote, le peroxyde d'hydrogène, la plupart des combinaisons organiques), et l'autre *vraie*, caractérisée par le fait que l'équilibre repose sur une formation quantitative de la substance considérée à partir de ses composants.

L'Électrochimie et la Photochimie se tiennent en rapport étroit avec la Thermochimie. Tandis que le dernier de ces domaines a opposé jusqu'à présent de grosses difficultés aux entreprises théoriques, la loi de Faraday, qui établit la proportionnalité entre la transformation chimique et la quantité d'électricité envoyée dans le même temps, et qui permet par là de calculer l'énergie électrique nécessaire pour une transformation déterminée, a fourni une base sûre aux applications de la Thermodynamique à l'Électrochimie. En combinant les notions spéciales que fournissaient les théories de la pression osmotique et de la dissociation électrolytique, on a pu développer une conception simple des processus électrochimiques. Il est apparu en même temps que, sans doute, les forces électriques jouent un grand rôle, non seulement dans les phénomènes électrochimiques, mais aussi dans beaucoup de réactions purement chimiques.

III

Nous sommes ainsi amené au problème de la nature des forces chimiques. Quoique cette question ne possède peut-être pas l'importance fondamentale qu'on lui a souvent attribuée, nous devons cependant prendre position, à son sujet, en un court aperçu. Nous pouvons, d'ailleurs, le faire d'autant plus court que nous sommes obligé d'avouer que, dans la période qui nous occupe, on n'a pas trouvé à cette question une réponse qui en dise, dans son essence, plus que ce que nous constatons par nos yeux. Il paraît assez certain que nous devons admettre, à côté des forces électriques, donc polaires,

Digitized by Google

aussi des forces de nature non polaire, un peu dans le genre de la gravitation newtonienne. Quand le fluor et le potassium s'unissent pour former un sel, l'affinité colossale de ces deux éléments l'un pour l'autre repose, en tous cas en partie, sur l'affinité du fluor pour l'électricité négative et celle du potassium pour l'électricité positive; mais lorsque nous trouvons, dans la molécule de l'azote ordinaire, deux atomes d'azote réunis en une combinaison peut-être aussi solide, il paraît bien qu'en présence de l'identité complète des deux atomes d'azote, l'action des forces polaires doive être tout à fait exclue. Le fait que toujours, dans les combinaisons chimiques des éléments, des forces de nature polaire et non polaire agissent simultanément est, en première ligne, la cause pour laquelle nous n'avons pas encore pu approfondir la nature et la loi des forces chimiques, et qui fait que les investigations ne sont pas encore sorties de la considération du bilan d'énergie.

Nous n'avons pas besoin d'entrer ici dans la question controversée, qui a été soulevée plusieurs fois dans la Chimie physique, de la suprématie de la Thermodynamique ou de l'Atomistique; cette question est à peu près aussi importante que celle de savoir si Schiller ou Gœthe a été le plus grand, et l'on doit y répondre d'une façon analogue : c'est que nous nous réjouissons de posséder deux ressources aussi puissantes et actuellement indispensables de la pensée scientifique. Mais le chroniqueur doit enregistrer le fait que la plupart des résultats modernes dans le domaine de la Chimie physique ont été acquis par une heureuse combinaison des méthodes thermodynamiques avec les considérations théoriques moléculaires, de même qu'aussi les créateurs de la théorie moderne de la chaleur ont consacré en même temps le meilleur de leurs forces au développement de l'Atomistique, en particulier de la théorie cinétique.

La Thermodynamique est née de la méthode de la Physique mathématique; l'Atomistique, par contre, doit surtout son haut perfectionnement à la recherche chimique. Nous devons regarder comme un résultat avancé de cette dernière le transfert de l'Atomistique à la science électrique, qui commence aujourd'hui à se développer en une théorie chimique de l'Electricité. On a même beaucoup de raisons de croire que les deux électricités se composent de particules infimes, identiques entre elles, qu'on nomme *électrons*; par suite, les ions libres doivent être interprétés comme des combinaisons entre les éléments ou les radicaux et les électrons, pour lesquelles la loi des proportions constantes et multiples est valable et qui sont également soumises à la théorie de la valence. Nous devons nous borner ici à cette brève indication que l'Atomistique, par ce merveilleux élargissement de son horizon, a placé nombre de processus physiques et chimiques dans une lumière toute nouvelle, et nous terminerons cet exposé par quelques mots sur le rayonnement radio-actif, dont l'existence s'est également dévoilée à nous par la théorie des électrons.

Les actions de ce rayonnement sont causées, d'après l'interprétation régnante, par des électrons projetés à l'état libre ou liés à de la matière, et elles se laissent le plus aisément déceler à l'électroscope; ces recherches d'hier nous ont fait connaître le nouveau monde des substances radio-actives, sur la partie chimique duquel M. Landolt reviendra plus loin. En sensibilité, cette méthode de recherche est souvent supérieure même à l'analyse spectrale; comme exemple, je citerai le fait que, d'après les calculs d'un jeune chercheur dans ce domaine, si un milligramme de radium C était partagé entre tous les hommes vivant à la surface de la Terre (environ 2 milliards), chacun d'eux en posséderait encore assez pour décharger 5 électroscopes et ainsi pour pouvoir (avec une habileté expérimentale suffisante) étudier les propriétés les plus importantes du rayonnement radio-actif de chaque élément. Seule, la grande sensibilité de ce réactif pour les substances radio-actives a permis de déceler l'existence de quelques éléments radio-actifs, qui auraient jadis échappé à notre connaissance à cause de leur faible quantité ou de la brièveté de leur existence (au sens de l'hypothèse de la décomposition atomique).

IV

Il est souvent facile d'écrire l'histoire, mais il est toujours plus difficile d'apprendre quelque chose de l'histoire. Si j'ose faire un modeste essai dans cette voie, je pourrai peut-être dire que la Chimie, avec la masse de matériaux encore à travailler, est destinée aussi dans l'avenir à préparer de nouvelles combinaisons et à étudier la faculté de réaction de celles qui sont déjà connues, mais que les méthodes de la Physique expérimentale et théorique sont appelées toujours davantage à compléter la recherche purement chimique.

W. Nernst,
Professeur à l'Université de Berlin.

Digitized by Google

II. — LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHIMIE INORGANIQUE

Si la tâche m'a été confiée de dépeindre les progrès de la Chimie inorganique dans les quarante dernières années, la cause en est dans cette circonstance que, pendant toute la période en question, j'ai donné chaque année un cours sur cette discipline et que j'ai en quelque sorte vécu son développement progressif. Aussi c'est avec joie que j'ai accepté de jeter un regard en arrière, même rapide, sur toutes les découvertes intéressantes et en partie grandioses qui ont passé devant mes yeux pendant ces quarante années.

L'état dans lequel se trouvait la Chimie inorganique en 1867 était, en général, déjà très avancé. On possédait alors une connaissance très étendue des éléments, dont le nombre s'élevait à 64, et de leurs combinaisons, et l'opinion fut à ce moment plusieurs fois émise que la Chimie minérale était presque épuisée et qu'il ne restait plus qu'à combler quelques vides. C'était le temps où la Chimie organique commençait, par l'introduction de la doctrine de la valence, à prendre son puissant essor, et presque tous les jeunes chercheurs se tournaient vers elle. La Chimie inorganique se trouvait dans un état d'abandon.

Si nous entrons maintenant dans notre période de quarante années et si nous suivons l'histoire d'abord des éléments chimiques, puis de leurs combinaisons, nous constaterons des conquêtes d'un si vif intérêt qu'on n'aurait jamais pu les prévoir.

I

En ce qui concerne d'abord les *éléments* nouvellement apparus depuis 1867, leur découverte repose presque exclusivement sur deux moyens : 1° l'analyse spectrale ; 2° le système périodique des corps simples. L'analyse spectrale qui, comme on le sait, bientôt après sa découverte en 1860, avait déjà conduit à quatre éléments nouveaux : le cæsium, le rubidium, le thallium et l'indium, fut appliquée avec zèle à l'étude de minéraux encore peu connus, et l'observation soit des spectres d'émission, soit des spectres d'absorption confirma rapidement l'existence d'un grand nombre de nouveaux corps élémentaires. Parmi ceux-ci, le gallium (1875), le scandium (1879) et le germanium (1886) offrirent d'abord un intérêt tout particulier, parce qu'ils purent être mis en rapport avec une nouvelle systématique des éléments chimiques apparue entre temps. Le système périodique, établi dans les années 1870-1872, avait d'abord reçu peu d'attention, quoiqu'il fut capable de prévoir non seulement l'existence d'éléments encore inconnus de poids atomique déterminé, mais aussi leurs propriétés physiques et chimiques. Il causa donc une sensation extraordinaire, lorsque, pour trois éléments qui avaient déjà été annoncés sous les noms d'éka-aluminium, d'éka-bore et d'éka-silicium, les prophéties se réalisèrent avec une précision surprenante. L'acceptation unanime du système périodique fut par là assurée, et il a depuis lors pu donner les indications les plus précieuses pour la découverte de nouveaux éléments. Ce fut d'abord le cas pour un certain nombre de corps simples qui ont été trouvés au cours des années 1879-1886 dans certains minéraux norvégiens, principalement par l'observation de leurs spectres d'absorption ; ce sont : le samarium, le gadolinium, le thulium et l'europium, ainsi que le scandium déjà cité. Puis, en 1885, on parvint à décomposer l'ancien didyme en néodyme et praséodyme. A côté des métaux terreux rares, on a découvert, dans l'orthite d'Arendal, l'austrium, qui ne paraît pas être voisin des précédents, mais plutôt du gallium. La difficulté avec laquelle on opérait la séparation de ces corps, qui se présentent souvent ensemble, eut malheureusement pour conséquence l'annonce d'un certain nombre (environ 18) de nouveaux éléments, qui plus tard durent être rayés comme n'existant pas : ce fut le cas de l'érébodium, du gadénium, de l'hespérium, du décipium, du mosandrium et d'autres. Parmi tous les nouveaux éléments, le gallium et le germanium excitèrent le plus d'intérêt ; pour ce dernier, il faut rappeler que sa découverte dans l'argyrodite ne fut pas due à l'analyse spectrale, mais à cette circonstance que, dans l'analyse de ce minéral considéré comme du sulfure d'argent, on observait toujours une perte de 6 à 7 %.

Les éléments découverts pendant les années 1870-1890 appartenaient tous à la classe des métaux et possédaient en général peu d'importance, étant tout proches voisins de corps déjà connus. Alors vint d'Angleterre, au commencement de la décade suivante, une nouvelle qui remplit les chimistes d'étonnement : on annonçait l'existence d'un certain nombre de gaz jusqu'alors complètement inconnus dans l'air atmosphérique, et auxquels on devait attribuer le caractère d'éléments. L'histoire intéressante de cette découverte est si connue qu'il suffira de la rappeler brièvement. En 1894, on trouva, en déterminant à nouveau la densité de divers gaz, que le poids du litre d'azote retiré de l'air atmosphérique est plus élevé de quelques unités de la troisième décimale que celui de l'élément obtenu

Digitized by Google

des combinaisons azotées. On pouvait donc supposer qu'à l'azote de l'air est mélangé un autre gaz lourd. En réalité, quand on sépare, par différents moyens, l'oxygène et l'azote d'un volume d'air mesuré, il reste un résidu gazeux d'environ 0,8 °/₀ qui possède une densité différente de celle de l'azote et un spectre caractéristique.

Ce nouveau gaz, désigné sous le nom d'argon, put être condensé lorsqu'en 1898 l'air liquide fut mis en grande quantité à la disposition des chimistes ; quand on soumet le liquide obtenu à l'évaporation fractionnée, on observe qu'on peut séparer, outre le constituant principal : l'argon, deux autres gaz de densité déterminée et de spectre caractéristique, qui reçurent les noms de néon et de xénon. Enfin, par l'évaporation de plus grandes quantités d'air liquide, en particulier le fractionnement des parties qui se volatilisent les premières, on a découvert encore un nouveau gaz, le krypton.

A ces éléments gazeux s'en était joint déjà en 1895 un autre, leur proche parent, trouvé d'abord dans quelques minéraux scandinaves rares, en particulier la clévéite. On savait déjà que cette dernière, par le chauffage, dégage de petites quantités d'un gaz qu'on avait pris pour de l'azote. Mais l'examen spectrométrique de celui-ci fit voir l'apparition d'une ligne jaune particulière, coïncidant complètement avec une ligne observée depuis longtemps par les astro-physiciens dans le spectre de la couronne solaire et qu'on avait attribuée à un élément problématique, l'hélium. L'existence de l'hélium et sa présence sur la Terre étaient ainsi confirmées.

On se trouvait ainsi en présence de cinq nouveaux éléments gazeux, se distinguant tous par un spectre caractéristique et par une densité constante, celle de l'hélium offrant le plus d'intérêt, parce que ce gaz n'est que quatre fois plus lourd que l'hydrogène. Mais on devait découvrir d'autres propriétés importantes de ces corps. Ainsi il résulte de la détermination de la vitesse du son dans leur sein qu'ils doivent tous être considérés comme des gaz monoatomiques ; ensuite, malgré de nombreux essais, on ne parvint pas à les amener en combinaison chimique avec d'autres éléments. La position des cinq corps dans le système périodique rencontra des difficultés, car elle ne peut être prévue avec certitude.

La mise au jour des nouveaux groupes d'éléments excita une sensation considérable et fut considérée à juste titre comme un triomphe de la Chimie inorganique. Mais de plus grandes surprises, dont l'origine partit de France il y a onze ans, allaient bientôt se manifester et réveiller dans tous les pays l'intérêt ardent des chimistes ainsi que des physiciens : je veux parler de la découverte de la *radio-activité* et de la doctrine de la *décomposition atomique* qui en découle. Dans cet exposé, je ne puis naturellement donner qu'un très bref aperçu de ce domaine déjà si étendu ; je me bornerai aux résultats spécialement chimiques, en laissant de côté la partie physique.

En 1896, en cherchant à trouver de nouvelles sources de rayons Röntgen, on fit l'observation que les sels d'uranium émettent des rayons invisibles qui possèdent la propriété d'agir sur la plaque photographique. Ils provoquent la luminescence des cristaux de platinocyanure de baryum et manifestent, en particulier, le pouvoir de décharger rapidement de loin un électroscope à feuille d'or chargé, ainsi que de rendre l'air conducteur de l'électricité. Cet appareil, auparavant peu utilisé, devint dès lors l'un des plus puissants auxiliaires des nouvelles recherches, et l'on reconnut que l'indication électrométrique des substances actives dépasse de beaucoup en sensibilité les méthodes d'examen spectro-analytiques les plus fines. On constata alors que les minerais uraniques, spécialement la pechblende de Joachimsthal, agissent aussi sur l'électroscope, et même à un degré beaucoup plus élevé que leur teneur en urane ne le laisse prévoir. On pouvait donc supposer, dans ces minerais, la présence d'un corps encore inconnu auquel ce pouvoir de rayonnement fut attribuable. Le traitement chimique de la pechblende uranique, qui renferme à côté du constituant principal, l'uranium, bien d'autres éléments divers, montra d'abord que le bismuth qu'on en sépare présente une radio-activité particulièrement élevée, provoquée par un corps inconnu qu'on désigna sous le nom de *polonium*. La répétition de ces travaux, entrepris en 1898, fit voir, l'année suivante, que le sulfate de baryum précipité de la pechblende est également fort actif ; après sa transformation en chlorure, on parvint à obtenir, par cristallisation fractionnée, un sel débarrassé du baryum, donnant un spectre de flamme caractéristique, et dans lequel on admit la présence d'un nouvel élément, le *radium*. L'existence de ce corps fut bientôt confirmée et, en 1902, on put fixer son poids atomique. Par l'examen des résidus de la pechblende après l'éloignement de l'uranium, on a obtenu aussitôt après des préparations plus actives, dans lesquelles on a supposé de nouveaux éléments : par exemple, dans le plomb précipité, le radio-plomb ; dans les précipités thoriques, l'actinium. Cependant, on n'a pas encore réussi à préparer ces substances à l'état pur ; seul, le polonium a pu être séparé, par des réactions chimiques, du bismuth ainsi que du tellure qui l'accompagnent.

On avait observé déjà en 1898 que les combinaisons du thorium présentent aussi des propriétés radio-actives. Les recherches récentes sur ce point

Digitized by Google

mirent au jour les faits les plus extraordinaires, qui sont d'une importance extrême pour la connaissance de la nature de la radio-activité. On constata, en particulier, que ces corps émettent sans interruption de petites quantités d'un gaz radio-actif, l'*émanation*, qui, dans certains cas, est condensable par l'air liquide. Mais, si l'on précipite les combinaisons du thorium de leurs solutions par certains réactifs, le précipité perd son pouvoir d'émanation et en même temps la plus grande partie de son pouvoir de rayonnement. La solution, par contre, laisse, après évaporation, une quantité non pesable d'une substance, nommée thorium X, qui émane et rayonne à un degré très élevé. Mais l'action de cette substance décroît graduellement, et cela d'après une loi exponentielle simple, de telle façon qu'en quatre jours environ le rayonnement diminue de moitié. Le pouvoir de rayonnement et d'émanation du précipité thorique s'élève dans le même temps d'après la même loi. Ce phénomène peut s'expliquer en admettant que l'atome de thorium se décompose avec formation de la substance désignée sous le nom de thorium X, qui est ensuite transformée en émanation. Mais le processus ne se termine pas là. L'émanation se décompose à son tour en peu de temps en formant un corps solide, le thorium A, qui est de nouveau caractérisé par la loi suivant laquelle son action sur l'électroscope diminue, c'est-à-dire par sa constante dite de décroissance. Comme ce processus continue à se répéter, on a pu en tout constater l'apparition de huit produits de décomposition différents du thorium, dont chacun se distingue par la valeur de la constante de temps précédente et par la nature des rayons émis.

Des recherches multiples ont également permis de suivre, chez l'uranium, la décomposition de l'atome par divers échelons, dont plusieurs sont des corps connus. L'arbre généalogique, encore en lacunes, a conduit de l'uranium, par l'uranium X, d'abord au radium, puis par six échelons au polonium, et de ce dernier, d'une façon inattendue, à l'élément plomb comme rameau terminal non radio-actif ; du moins, de nombreuses raisons parlent en faveur de la formation de ce dernier par cette voie.

Des phénomènes absolument remarquables ont été observés dans ces derniers temps sur l'émanation émise par les sels de radium. Par des essais d'analyse spectrale, on a établi avec certitude que celle-ci subit une lente transformation en un élément bien connu : l'hélium. Si l'émanation vient en contact avec de l'eau, il se forme, à côté d'un peu d'hélium, principalement du néon, et, si du sulfate de cuivre est dissous dans l'eau, de l'argon apparaît. Mais le sulfate de cuivre paraît subir sous l'action de l'émanation une autre modification, car, dans le liquide, on peut déceler l'apparition de lithium et peut-être de sodium, qui ne peuvent être considérés que comme produits de décomposition de l'atome de cuivre.

Cette naissance d'un élément aux dépens d'un autre constitue sans aucun doute la découverte chimique la plus surprenante qui ait été faite depuis la découverte du phénomène de la combustion.

Quoiqu'on ait jusqu'à présent désigné prudemment les éléments comme des corps non décomposés et non pas comme des corps non décomposables, et qu'on ait déjà souvent émis l'idée que les atomes ne sont pas les dernières parties de la matière, mais des amas de particules encore plus petites d'un élément originel, cependant personne n'avait nourri l'espérance qu'on parviendrait jamais à une transmutation de nos vieux éléments qui paraissent si fixes. Aussi est-il intéressant au plus haut degré de savoir ce que l'avenir nous réservera dans ce domaine.

II

Les *poids atomiques des éléments* ont été naturellement soumis, pendant la dernière période de quarante années, à de multiples déterminations nouvelles, auxquelles un grand nombre de chimistes ont participé. Ces travaux ont été entrepris sur une grande échelle, spécialement au laboratoire de l'Université de Harvard depuis 1893, en employant plusieurs méthodes nouvelles et en observant un soin jusqu'alors inconnu dans la purification de tous les produits utilisés.

Une acquisition très utile de l'époque récente est la fondation d'une Table internationale des Poids atomiques, éditée aujourd'hui annuellement par une Commission de chimistes appartenant à divers pays.

La première initiative remonte à la fin de l'année 1897, où une Commission de chimistes analystes réunie à l'Office de Santé impérial allemand demanda au président de la Société Chimique allemande quels poids atomiques devaient être pris pour bases dans la pratique des calculs stoechiométriques. Les doutes sur ce point étaient très justifiés, car les tables de poids atomiques répandues alors dans la littérature chimique présentaient des différences appréciables, au point de vue non seulement de l'unité ($H = 1$, $O = 16$), mais encore des nombres. Le président décida de nommer, pour trancher la question, une Commission de trois membres[1] ; celle-ci publia, à la fin de 1898, une table des poids atomiques contenant les

[1] H. Landolt, W. Ostwald et K. Seubert (ce dernier remplacé, en 1906, par O. Wallach).

Digitized by Google

valeurs considérées comme certaines à cette époque, rapportées à la base unique O = 16, dont le choix était motivé d'une façon approfondie. Le Rapport faisait en même temps la remarque qu'il serait très désirable de provoquer, sur la question, une explication entre les chimistes des différents pays; aussi, la Commission reçut-elle la mission d'adresser aux Sociétés chimiques de notre pays et de l'Etranger une lettre les invitant à former une Commission internationale des Poids atomiques. La lettre fut envoyée le 30 mars 1899 et reçut un accueil réjouissant : en peu de temps, cinquante-huit réponses arrivèrent, qui se répartissaient sur l'Allemagne, l'Amérique, l'Angleterre, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, la Hollande, le Japon, l'Italie, la Suède et la Suisse. Après avoir ainsi assuré la formation d'une grande Commission internationale, le Comité allemand adressa à tous les membres, le 15 décembre 1899, une circulaire dans laquelle il les priait de se prononcer sur le choix de la base des poids atomiques. A cette question, quarante-neuf membres répondirent, en partie par des mémoires très détaillés, dont le résultat général fut le suivant : 40 voix se prononcèrent pour la base O = 16, 7 voix pour H = 1 et 2 voix pour l'emploi simultané des deux unités. En terminant son Rapport sur cette consultation, le Comité allemand proposa que l'occasion fût offerte à un plus grand nombre de Sociétés particulières d'exprimer leur opinion sur la base des poids atomiques, et il mit cette question en discussion générale. Cette démarche excita un mouvement inaccoutumé parmi les chimistes; non seulement d'Allemagne, mais de France, de Belgique, de Hollande, de Suisse, de Finlande et d'Amérique arrivèrent soit des lettres individuelles, soit des adresses collectives et des résolutions de Sociétés. Une circulaire, qui recommandait le choix de H = 1, fut adressée par plusieurs spécialistes allemands à un grand nombre de membres de la Société Chimique allemande. Le résultat de ce débat fut que 106 voix se prononcèrent pour H = 1 et 78 seulement pour O = 16; mais plusieurs associations, comme le IVe Congrès international de Chimie appliquée à Paris, la Société Électrochimique allemande, l'Union des Stations d'essais agricoles, l'Union des Chimistes finnois, qui avaient opté pour la base de l'oxygène, ne furent pas mises en ligne de compte. La prise en considération de ces dernières aurait certainement eu pour résultat une majorité numérique importante en faveur de la base O = 16.

Dans la circulaire déjà citée du 15 décembre 1899 aux membres de la grande Commission internationale, le projet était exposé de former un Comité international plus restreint, composé de trois à quatre membres, qui se chargeraient de la revision continue de la table annuelle des poids atomiques. Ce plan rencontra une approbation générale, et le 12 juillet 1900 un appel électoral fut remis à la grande Commission. Seize de ses membres se prononcèrent et le résultat du vote fut le choix de MM. F. W. Clarke, T. E. Thorpe et K. Seubert, auxquels s'adjoignit encore, en 1903, H. Moissan, qui représentèrent l'Amérique, l'Angleterre, l'Allemagne et la France.

Cette Commission restreinte ouvrit son activité par l'édition de la table des poids atomiques pour l'année 1902; mais elle se trouva obligée de publier celle-ci aussi bien par rapport à O = 16 qu'à H = 1. Comme ce fait se répéta dans les années suivantes, de vives protestations s'élevèrent progressivement de différents côtés contre ce mode de faire, et en février 1904 le président de l'Office de Santé impérial allemand adressa au président de la Société Chimique allemande une lettre où il proposait de renouveler l'essai d'obtenir l'acceptation unique de la base de l'oxygène. Le Comité allemand posa pour la seconde fois la question devant la grande grande Commission internationale par une circulaire du 30 juin 1904, et le résultat fut que, sur 39 membres qui exprimèrent leur opinion, 32 se prononcèrent pour l'usage exclusif de la base de l'oxygène, 2 pour celle de l'hydrogène et 5 pour la publication des deux tables. A la suite de cette consultation, la Commission restreinte laissa de côté, à partir de 1906, la base de l'hydrogène et annonça que dorénavant les tables se rapporteraient à O = 16. Ainsi s'est réalisée, après neuf années d'efforts, l'unification longtemps désirée: on a atteint en même temps le résultat important que chaque année une liste des valeurs des poids atomiques, correspondant à l'état des recherches, est placée dans la main des chimistes. Comme il ressort des rapports précédents du Comité international, celui-ci applique, dans la fixation des valeurs les plus exactes, une comparaison soigneuse des observations existantes, et les spécialistes lui doivent la plus grande reconnaissance pour ce travail annuel, souvent très épineux. Le Comité est actuellement composé de MM. F. W. Clarke (président), T. E. Thorpe, W. Ostwald et G. Urbain (ce dernier ayant récemment remplacé le regretté H. Moissan).

III

Aux sujets déjà traités se rattachent, tout naturellement, les progrès qui ont été faits depuis quarante ans dans le domaine des *propriétés des éléments*.

On a d'abord réussi à préparer pour la première fois *à l'état pur* un grand nombre d'éléments. Ce fut d'abord le cas du fluor (1886), puis de beaucoup

Digitized by Google

de métaux. Ces derniers ont été obtenus soit avec l'aide du four électrique, entré dans l'usage depuis 1897, — comme le vanadium, le tungstène, le molybdène, le chrome, le cérium, le lanthane, le tantale et, récemment, le niobium, — soit par réduction des oxydes au moyen de la poudre d'aluminium, d'après le procédé dit à la thermite, qui a permis de préparer le fer, le manganèse, le cobalt, le nickel, le chrome, le titane, le tungstène, le molybdène et d'autres, complètement débarrassés de carbone. Les suites de tous ces travaux furent des déterminations nouvelles multiples des constantes physiques des corps ci-dessus.

Un grand nombre d'autres recherches se rapportent aux *modifications allotropiques* des éléments. La plus connue de ces modifications est celle que présente l'ozone, objet actuel de nombreux travaux : formation, purification, liquéfaction, existence dans la nature, applications techniques, etc. Nos connaissances se sont également accrues sur les modifications du soufre, du sélénium, de l'arsenic, de l'antimoine, de l'étain et du fer, ainsi que sur les circonstances de leur transformation. Des observations nouvelles intéressantes concernent les formes colloïdales (sols) de différents métaux, comme l'argent, l'or, le platine et le palladium, qui sont préparées soit par réduction en solutions très diluées, soit par pulvérisation du métal sous l'eau au moyen de l'arc électrique. On a trouvé qu'il ne s'agit pas ici de vraies solutions, mais de suspensions, qui ont été mises en évidence, en particulier, par l'ultramicroscope construit en 1903. Les observations sur les actions catalytiques énormes que les sols métalliques, désignés sous le nom de ferments inorganiques, exercent sur le peroxyde d'hydrogène, et les modifications de la vitesse de décomposition de ce dernier par addition de certaines substances, qui produisent soit une accélération, soit une inhibition (empoisonnement), sont d'un intérêt particulier. D'autres essais se rapportent enfin à la transformation des formes colloïdales en précipités (gels), causée surtout par l'addition de petites quantité d'électrolytes, mais aussi par le courant électrique, qui produit des phénomènes de transport particuliers.

IV

Si nous nous tournons maintenant vers les *combinaisons chimiques* qui sont apparues depuis quarante ans, nous nous trouvons en présence d'une telle masse de corps nouveaux qu'il est impossible d'en donner plus qu'une esquisse générale. En divisant les combinaisons inorganiques d'abord en combinaisons de composition simple, puis en corps de composition complexe ou combinaisons d'ordre élevé, on peut tracer l'aperçu suivant :

Parmi les combinaisons simples, il faut d'abord signaler celles de l'azote. Ici se présentent, avant tout, deux nouveaux corps, formés tous deux d'hydrogène et d'azote : l'hydrazine Az^2H^4, découverte en 1887, et l'acide azothydrique Az^3H, découvert en 1890, ayant excité tous deux le plus grand intérêt, tant par leurs propriétés que par la façon dont on les a découverts, tous deux résultant, d'une manière inattendue, de la décomposition de substances organiques. Le dernier, surtout, dont l'existence ne pouvait être prévue, surprit par son caractère d'acide. Ses sels ouvrirent une classe d'azotures métalliques remarquables, et ceux qu'il fournit avec l'ammoniac et l'hydrazine conduisirent à deux nouvelles combinaisons de l'azote et de l'hydrogène Az^4H^4 et Az^2H^5. — Parmi les oxydes de l'azote sont apparus l'anhydride nitrique Az^2O^5, non encore préparé, ainsi que les hyponitrites et l'acide hyponitreux libre $H^2Az^2O^2$. — La connaissance des combinaisons halogénées de l'azote s'est élargie par l'étude des propriétés du chlorure d'azote $AzCl^3$, obtenu pour la première fois à l'état pur en 1888, puis par la découverte, cette année même, de la monochloramine AzH^2Cl, qui a fourni un nouveau mode de préparation de l'hydrazine.

Parmi les combinaisons importantes du carbone, il faut signaler l'apparition, en 1867, de l'oxysulfure COS. Le nickel-oxyde de carbone $Ni(CO)^4$, découvert en 1890 et suivi bientôt par les fer-carbonyles, excita un vif intérêt. Rappelons ici le percarbonate de potassium $K^2C^2O^6$, qui se forme dans l'électrolyse du carbonate de potassium (1896). Enfin, l'année 1906 a vu la découverte importante du sous-oxyde de carbone C^3O^2, corps intéressant et inattendu, obtenu par voie organique dans l'action de l'anhydride phosphorique sur le malonate d'éthyle.

Les combinaisons du silicium se sont multipliées par la préparation du silicium-chloroforme $SiHCl^3$ et des composés iodé et fluoré correspondants, puis des iodures SiI^4 et Si^2I^6, de l'oxychlorure Si^2OCl^6, des hydrures Si^2H^6 et Si^3H^8, ainsi que de l'acide silicium-oxalique $Si^2H^2O^4$. Enfin, il faut faire remarquer que la fabrication, au moyen du four électrique, du carbure de silicium SiC (carborundum), déjà connu, a commencé en 1893.

Aux combinaisons nouvelles du soufre appartiennent l'heptoxyde de soufre et l'acide persulfurique $H^2S^2O^8$, différents acides sulfoniques comme AzO^2, SO^3H, $Az(SO^3H)^3$, $AzH^2(SO^3H)$, les acides hydroxylamine-sulfoniques $(HO)^2Az(SO^3H)$ et $HO.Az(SO^3H)^2$, etc.

Parmi les combinaisons simples des métaux, plusieurs classes nouvelles ont pris naissance. D'abord les hydrures de Ca, Sr, Ba, Mg, Ce, Zr et Th (1891), qui se forment directement, et plus tard

Digitized by Google

ceux des métaux alcalins. De nombreux carbures furent préparés au four électrique, comme ceux de Ca, Al, La, Th, Zr, Mn, Fe, Cr, U, Mo, Tu, Ti et V; parmi eux, le carbure de calcium CaC^2 a, comme on le sait, acquis la plus grande importance à cause de son emploi à la fabrication de l'acétylène. D'autre part, on a obtenu des siliciures, comme $Ca\,Si^2$ et les combinaisons analogues de Ba et Sr. Dans ces dernières années, on s'est occupé à plusieurs reprises des alliages à composition atomique, et ceux-ci ont conduit à des conclusions de la plus haute valeur sur la capacité des éléments de former entre eux des combinaisons.

Enfin, en ce qui concerne les combinaisons d'ordre supérieur, deux classes surtout ont été l'objet d'un travail assidu. D'abord les acides complexes, chez lesquels sont venus s'ajouter, au vieil acide phosphomolybdique, de nouveaux corps comme les acides arsénio et silico-molybdiques, phospho, arsénio, boro, silico et titano-tungstiques, phospho et arsénio-vanadiques. En second lieu, les combinaisons métal-ammoniacales, dont la première a été le nitrite cobalt-ammoniacal, aujourd'hui trinitrotriammine-cobalt, $Co(AzH^3)^3(AzO^2)^3$, découvert déjà en 1866. Depuis lors, on a préparé non seulement plusieurs autres corps cobaltiques de cette espèce, mais aussi des groupes de combinaisons qui renferment les métaux Cr, Pt, Pd, Ir, Rh, Os à la place du cobalt. A ceux-ci s'est joint le groupe des aquométal-ammoniacs, de sorte qu'aujourd'hui il existe environ 110 séries de ces corps. Ces combinaisons, considérées autrefois avec réserve, parce qu'elles ne se conformaient pas aux formules de valence ordinaires, ont trouvé à notre époque une conception qui dévoile d'une façon claire leur configuration, et qui constitue un élargissement notable de la doctrine des liaisons atomiques.

V

Si l'on tire maintenant le résultat final de toutes les acquisitions enregistrées, on reconnaît que l'idée émise il y a quarante ans que la Chimie organique était épuisée a rencontré une réfutation éclatante. Un développement inespéré était plutôt réservé à cette branche de notre science, et l'on peut admettre avec certitude qu'il se poursuivra encore dans l'avenir. En particulier, les dernières recherches sur le radium laissent prévoir des résultats qui transformeront peut-être profondément les conceptions fondamentales de la Chimie.

H. Landolt,
Professeur de Chimie à l'Université de Berlin.

REVUE ANNUELLE DE MÉDECINE

I. — Artério-sclérose.

De nombreux travaux ont tenté d'élucider cette question obscure entre toutes. Il s'en faut que l'artério-sclérose soit une conception nette et définie. Dans la plupart des écrits qui paraissent sur ce sujet, les observations et discussions portent souvent sur des objets incomparables entre eux. Josué, qui, depuis plusieurs années, s'occupe de la question, s'est efforcé de caractériser anatomiquement l'artério-sclérose. Il a bien compris que, pour étudier avec fruit un processus morbide de cette nature, il fallait savoir, d'une façon aussi précise que possible, ses caractères et ses limites. Aussi sa récente étude sur l'anatomie pathologique et la pathogénie de l'artério-sclérose débute-t-elle par une différenciation anatomique entre celle-ci et l'endartérite chronique. Il oppose les lésions de cette endartérite et de l'artério-sclérose. La lésion essentielle de l'endartérite chronique, décrite par Jores, est la prolifération conjonctive de la tunique interne avec formation de fibres élastiques nouvelles. La lésion de l'artério-sclérose est l'épaississement des parois vasculaires par hyperplasie de la couche musculaire et de la lame élastique interne, qui est dédoublée. Les cellules musculaires sont altérées. Fait important, il y a un état marqué de dégénérescence graisseuse. La graisse, au niveau des lames élastiques dédoublées, ainsi que dans la couche musculaire, est répandue à l'état diffus ou bien forme des gouttelettes.

Josué réunit les deux processus : il tend à faire de l'athérome un stade plus avancé ou plus aigu de l'artério-sclérose. Il revient donc, trop facilement peut-être, sur son opinion antérieure qu'athérome et artério-sclérose sont distincts. Pour combattre ses idées anciennes, il accumule des arguments qui sont secondaires, sans grande valeur et susceptibles d'une interprétation variée : telles la contingence de la concomitance de l'athérome et de l'artério-sclérose, la dissémination et l'irrégularité des lésions. Josué s'élève, avec raison, contre la conception de l'artério-sclérose envisagée comme résultat obligé d'une endartérite, mais il s'oppose trop formellement aux conclusions de Brault.

Josué constate dans les lésions artério-scléreuses

Digitized by Google

à la fois l'hyperplasie et la dégénérescence. Il tente d'expliquer les raisons de cette association par un retour au mécanicisme favori des cliniciens, mais qui surprend un peu chez un histologiste. Pour lui, c'est l'hypertension qui provoquerait un spasme des éléments musculaires et déterminerait leur fonctionnement plus actif, d'où l'hyperplasie. Les oscillations de la tension artérielle viennent encore augmenter ce « surmenage ». Celui-ci finit par amener la dégénérescence des éléments élastiques et musculaires. Josué, qui a pourtant constaté expérimentalement que, dans certaines intoxications, les lésions dégénératives arrivent sans que l'hyperplasie en soit le stade initial et fatal, se demande si, dans les cas à marche aiguë, l'hyperplasie a le temps de se faire. Il ne pose pas la question de savoir s'il y a véritable identité entre l'hyperplasie pathologique, soi-disant de compensation, et ce qu'on est convenu d'appeler l'hypertrophie normale d'un organe en suractivité fonctionnelle. Il semblerait que ce soit là un point d'histologie pathologique à déterminer avec précision.

On peut même présager que de nouvelles expériences mettront Josué sur la voie de cette démonstration. En octobre 1907, il communiquait à la Société de Biologie de très intéressants aperçus sur l'hypertrophie cardiaque provoquée par l'adrénaline et sans production d'athérome. Il faisait alors de l'hypertrophie et de l'athérome deux lésions ressortissant à la même cause.

Josué reconnaît là qu'il est rare de rencontrer chez l'homme l'hypertrophie cardiaque sans altération vasculaire concomitante, tout au moins dans le cœur lui-même. Injectant au lapin, en même temps que l'adrénaline, des cultures non virulentes, mais toxiques, de bacilles typhiques, il a obtenu une hypertrophie considérable du cœur, avec hypertrophie des cellules musculaires. Mais celle-ci coïncidait avec la dégénérescence de cellules voisines, qui, par endroits, avaient été remplacées par des nodules scléreux. Cette hypertrophie semble donc bien d'essence morbide et ne peut guère avoir que l'apparence d'un processus compensateur.

Le rôle de l'hypertension, bien que n'étant pas unanimement reconnu, réunit peut-être la majorité des suffrages. Des observateurs consciencieux, tels que Pic et Bonnamour, prétendent également que, quel que soit l'agent producteur d'athérome, section nerveuse, toxine microbienne, intoxication saturnine, la lésion est produite par l'excès de la pression sanguine, ces agents étant tous des modificateurs de cette pression.

Dans d'autres cas encore, des toxiques vasoconstricteurs, par suite hypertenseurs, déterminent des altérations vasculaires, rénales et cardiaques. L'azotate d'urane, par exemple, produit une néphrite aiguë avec œdème, puis des lésions cardiaques précoces. Les néphrites expérimentales réalisées par Siegel au moyen du nitrate d'urane, montrent qu'il faut être très prudent dans l'interprétation des effets. En trois semaines à peine, le nitrate d'urane détermine chez le chien une néphrite aiguë à évolution rapide vers la néphrite chronique avec hypertrophie cardiaque. Il y a toujours dans ces cas des altérations vasculaires et de la dégénérescence fibreuse glomérulaire. Ces expériences laissent à penser que les deux organes peuvent être lésés à la fois, sans qu'il y ait retentissement nécessaire de l'un sur l'autre, sans que l'état de l'un soit la cause des lésions de l'autre.

Quoi qu'il en soit, c'est surtout aux lésions du rein que nombre d'auteurs tendent à attribuer les désordres vasculaires et cardiaques. Mais ces lésions du rein, dans leur forme atrophique particulièrement, sont dues, dans la plupart des cas, à l'artériosclérose des petites artères et des capillaires du rein. Ce fait, avancé par Gull et Sutton, a reçu confirmation de toutes parts. Et, dans un récent travail sur l'artério-sclérose du rein, Josué et Alexandrescu l'ont encore vérifié. La sclérose rénale, caractéristique de la néphrite dite interstitielle, est donnée par eux comme due aux lésions vasculaires du rein. Les troubles circulatoires qui suivent ces lésions des petits vaisseaux atténuent peu à peu le fonctionnement des glomérules et finissent par le supprimer. Glomérules et tubes contournés sont les deux éléments essentiels du rein. Toute lésion de l'un retentit sur l'autre. Aussi un glomérule est-il annihilé, que le tube contourné correspondant dégénère et se convertit en un funicule scléreux. Josué a appelé ce tissu scléreux : *sclérose de remplacement*, ce qui est bien, ou *antypho-sclérose*, ce qui est plus encombrant et moins clair. Il oppose très justement cette sclérose de remplacement à la sclérose additionnelle (ou *épyphosclérose*), fournie par d'autres éléments que les cellules glandulaires mêmes et qui, par conséquent, se surajoute à celles-ci. Voilà donc la néphrite atrophique établie par la sclérose vasculaire. Mais, d'autre part, les lésions rénales ne pourraient-elles être une cause d'artério-sclérose? Josué publie deux observations qui semblent militer en faveur de cette théorie. Malheureusement, ces observations sont purement cliniques, sans complément anatomopathologique, et l'auteur est obligé de les interpréter au moyen d'affirmations et de raisonnements qui m'ont paru trop tendancieux. Ainsi, pour expliquer comment les néphrites détermineraient l'artériosclérose, il affirme, avec une certitude peut-être excessive, que la cause en est à l'augmentation de la tension artérielle. Il revient cependant, malgré

Digitized by Google

lui, à une théorie qu'il a édifiée et qu'il abandonne ici à regret, — j'allais dire à tort. Il remarque que les modifications des capsules surrénales, qui coïncident souvent avec les affections du rein, ne sont pas ici la cause des lésions artérielles. Il rappelle l'hyperplasie de la zone corticale des surrénales qui suit la ligature expérimentale des uretères, d'après Dopter et Gouraud, l'hyperplasie de cette même couche dans les néphrites, d'après Vaquez, Aubertin et Ambard. Or, Josué lui-même a démontré que l'hypersécrétion de l'adrénaline provoque l'athérome artériel. Les recherches récentes ont montré que la sécrétion d'adrénaline n'est pas localisée à la couche médullaire des capsules et que la substance corticale participe à sa formation. Josué conclut que l'artério-sclérose du rein peut être cause de néphrite chronique, mais aussi que la néphrite primitive peut causer l'artério-sclérose.

On comprend qu'il ait cherché à préciser et à différencier l'action des produits sécrétés par les deux couches distinctes des surrénales. Partant de ce fait que l'adrénaline peut expérimentalement déterminer l'athérome, qu'il a constaté également l'hyperplasie des capsules chez l'athéromateux, il conclut que l'activité sécrétoire de ces glandes est capable de provoquer l'athérome. En étudiant cette hyperplasie surrénale, on a vu que celle-ci porte surtout sur la couche corticale. Cela arrive chez les athéromateux comme chez les néphrétiques hypertendus. Il faut remarquer, toutefois, que Vaquez et Aubertin ont trouvé également la couche médullaire surrénale hypertrophiée. On croit que la sécrétion d'adrénaline est limitée à la couche médullaire. Cela embrouille la question.

Et les nouvelles recherches d'Aubertin et Clunet ne l'éclaircissent pas. Ces auteurs, recherchant systématiquement l'hypertrophie médullaire dans 120 cas de maladies diverses, l'ont trouvée 18 fois. L'hyperplasie de la médullaire ne s'accompagne pas toujours d'hyperplasie corticale. Les lésions surrénales médullaires ne coïncident avec l'athérome que dans la moitié des cas environ : bien que fréquentes dans cette affection, elles ne sont pas fatalement liées à la néphrite scléreuse. Ce qu'on trouve le plus souvent en même temps qu'elles, c'est l'hypertrophie cardiaque. Mais celle-ci ne coexiste pas toujours avec l'hypertrophie médullaire. De ces constatations, Aubertin et Clunet concluent que l'hypertrophie surrénale est plutôt la conséquence que la cause de l'hypertrophie cardiaque.

Josué et Bloch, par l'injection d'extraits de substance corticale surrénale du cheval au lapin, ont observé les mêmes phénomènes d'hypertension qu'avec les extraits de substance médullaire. En outre, essayant l'activité du tissu surrénal pris en diverses régions de la glande, ils ont constamment observé l'hypertension, quelle qu'ait été la région du parenchyme utilisée. Et, cependant, les réactions chimiques ne décèlent pas la présence d'adrénaline dans la corticale. Les auteurs concluent donc, avec raison, que la corticale surrénale contient des substances hypertensives différentes de l'adrénaline.

Du passage dans la circulation de substances d'origine surrénale, susceptibles de provoquer l'artério-sclérose, est venue l'idée de déceler ces substances mêmes dans le sang circulant. Schur et Wiesel d'une part, Kaufmann et Mannaberg de l'autre, ont cherché l'adrénaline dans le sérum des néphrétiques à cœur hypertrophié. Ils en ont trouvé une proportion notable. Schur et Wiesel la mettent en évidence par sa réaction mydriatique sur l'œil de la grenouille.

En outre, par une jolie expérience contradictoire, Kaufmann et Mannaberg ont constaté l'absence d'adrénaline dans le sérum des addisoniens, chez qui la capsule surrénale est réduite par l'extension d'un processus morbide, tuberculose ou cancer.

Dans une thèse récente, H. Darré a montré expérimentalement que les capsules surrénales, dès que le rein est supprimé, deviennent en état de suractivité fonctionnelle. Celle-ci aurait un rôle antitoxique. Mais cette suractivité s'épuise rapidement; les cellules meurent. Dans les affections plus lentes, elle persiste; la surrénale s'hypertrophie et pendant longtemps continue à jouer son rôle protecteur contre l'intoxication rénale.

Dans certaines intoxications expérimentales lentes, comme Aubertin les a réalisées chez le cobaye au moyen de l'absinthe, on observe cette même hyperplasie surrénale, probablement opposée à l'action du toxique essayé.

Léon Bernard a dénié nettement le rôle de l'hypertension dans la production de l'athérome. Il admet, comme tous, que l'hyperépinéphrie peut déterminer de l'hypertension. Mais, pour Bernard, les lésions hyperplasiques des surrénales ne sont pas fatalement liées à ce phénomène. Il donne l'imperméabilité rénale comme principale cause de l'hypertension, et fait de cette dernière la déterminante de l'hyperépinéphrie dans certaines affections rénales.

La question de l'athérome a été abordée sous une autre face par divers auteurs, dont Lœper et Boveri. Ces derniers ont étudié la calcification des artères, épiphénomène de l'athérome. Elle n'a, semble-t-il, que des relations médicales avec l'artério-sclérose. Dans leur travail très suggestif sur la chaux et les artères, Lœper et Boveri montrent les lieux, degrés et âges de la fixation calcaire sur

Digitized by Google

les artères et sur les tissus de l'organisme. Ils exposent, en outre, « les causes de l'encombrement calcaire ». On sait que, chez le vieillard en particulier, ces causes se multiplient. Elles prédominent sur certains individus, suivant certaines espèces animales, selon les régimes alimentaires. Mais, ce qui est à remarquer, c'est la prédisposition singulière à la calcification que donne l'adrénaline au système cardio-vasculaire, qui normalement n'a pas grande tendance à la surcharge calcaire. Lœper et Boveri, expérimentant sur des lapins soumis à des régimes différents, riches ou pauvres en sels de chaux, ont pu, grâce à l'élévation du taux de ces derniers, déterminer de l'athérome artériel beaucoup plus rapide et plus accusé que chez les lapins soumis à l'adrénaline seule. Dans l'athérome adrénalique de Josué, les cellules musculaires, même dans les points où les lésions ne sont pas confluentes, sont dégénérées : leur protoplasma est riche en granulations graisseuses et calcaires.

Josué pense que la calcification est un processus de « défense ». Il est revenu avec insistance sur ce point dans une récente communication à la Société de Biologie, où il semble avoir voulu établir avec fermeté l'ensemble de sa doctrine sur la pathogénie de l'artério-sclérose. C'est ainsi qu'il affirme nettement cette fois l'unicité de l'athérome et de l'artério-sclérose. L'athérome est la lésion des grosses et moyennes artères ; l'artério-sclérose est celle des petites artères, qui ne présentent que des dégénérescences graisseuse et hyaline.

Pour lui, l'athérome et l'artério-sclérose seraient une réaction propre au système artériel contre tous les agents nuisibles, de quelque ordre qu'ils soient : hypertension, oscillations de pression, artérites infectieuses, nécrose par hyperépinéphrie, etc. Les artères, d'abord hyperplasiées, dégénèrent, et c'est au cours de ces dégénérescences que, grosses, elles se doublent de plaques calcaires, et que, petites, elles s'oblitèrent. Pourquoi ces deux processus? Pour éviter leur rupture, dit Josué.

Il est prudent de considérer simplement ce phénomène d'encroûtement comme un fait morbide. Pourquoi, en effet, ce rôle providentiel de la dégénérescence calcaire faisant une plaque de résistance pour empêcher la rupture du vaisseau? Josué, qui est un excellent esprit, n'eût pas risqué cette hypothèse désuète s'il eût pensé à l'activité intense que manifestent les véritables processus défensifs de l'organisme. Dans l'économie, les dépôts, les précipitations définitives, les fins d'actions chimiques irréversibles, les incrustations, tous les processus lithiques, sont des actes de transformation dans un sens opposé à la vie, des actes de fossilisation.

Au récent Congrès de Médecine de Paris, Lœper a tenté de catégoriser les divers poisons producteurs d'athérome. Pour la plupart, ils sont introduits dans l'organisme par l'alimentation. Ce sont certains aliments, tels que des viandes, poissons, fruits, condiments, comprenant des éléments nocifs; diverses substances toxiques, comme le plomb, qui peuvent se mélanger éventuellement aux vivres et aux boissons; des poisons provenant de la putréfaction intestinale, — auxquels il faut ajouter ceux, plus toxiques encore, qui proviennent des aliments arrêtés à certains stades de leur digestion; enfin, ceux qui sont formés au cours des élaborations cellulaires, tels que l'acide urique.

Lœper cite, comme agents producteurs de l'athérome expérimental, l'acide lactique, le poivre de Cayenne, l'ergot de seigle, les viandes putréfiées, la théocine, l'acide oxalique. Il exclut le café et l'alcool. Nous avons vu plus haut le rôle favorisant des sels de chaux. Lœper ne rattache l'athérome ni à une action médiate du système nerveux, ni à l'hypertension artérielle, ni à l'hyperplasie normale : pour lui, l'action directe des poisons sur les parois vasculaires suffit.

L'action de ces divers poisons peut être renforcée par l'adrénaline, comme le prouvent les expériences de Sicard et Et. Brissaud. Associant les injections intra-veineuses d'adrénaline chez le lapin à des injections sous-cutanées d'acide urique, ces derniers virent se former avec plus de rapidité et d'intensité l'athérome aortique. D'où ce corollaire que les goutteux au stade brightique sont plus prédisposés encore à l'athérome, à cause de l'hyperépinéphrie concomitante.

Il n'y a pas que l'excès des éléments normaux dans l'organisme qui puisse avoir une influence aggravative. Le défaut de certains principes normaux a le même résultat. Cela ressort des observations de Lortat-Jacob et Laubry. Ces auteurs ont vu que l'athérome expérimental par l'adrénaline se produit plus rapidement et avec des doses d'adrénaline plus faibles chez les lapines ovariotomisées que chez les animaux témoins. Lortat-Jacob et Sabareanu avaient déjà observé cette moindre résistance à l'adrénaline chez des lapins castrés. L'athérome est ralenti par le bon état des ovaires et par leur activité fonctionnelle, tandis que la castration le favorise. Dans sa thèse sur l'athérome aortique expérimental, Thévenot est arrivé à des résultats opposés.

Au point de vue clinique, Josué, reprenant pour le compte de l'artério-sclérose la locution qu'appliqua jadis à diverses affections le plus brillant et le plus dramatique de nos orateurs académiques, a étudié les *petits signes* de l'artério-sclérose. Il a passé en revue la plupart des perturbations initiales, sans prétendre d'ailleurs donner à aucune d'elles la force

Digitized by Google

d'une caractéristique. C'est l'ensemble qui fait le complexus symptomatique, variable suivant les sujets.

La plupart de ces manifestations sont l'expression d'un organisme à l'état de souffrance. Parmi ces petits signes, le plus saisissant est l'hypertension artérielle. Josué montre à la fois la valeur et la contingence de ce signe. On sait que longtemps avant l'altération artérielle, durant une période que Huchard a appelée préscléreuse, l'hypertension existe souvent.

Sa fréquence a paru telle que Huchard a fait de ce phénomène la cause même des lésions vasculaires. D'autres auteurs, ne trouvant pas l'hypertension d'une façon aussi constante, l'ont mise sous la dépendance d'une néphrite latente, si commune dans l'artério-sclérose. Josué, s'appuyant sur les constatations de Widal et Boidin, dit que l'hypertension peut exister chez des malades dont les reins sont intacts. Il insiste encore sur l'inconstance de ce symptôme, et conclut en le donnant comme « un bon signe de présomption », un petit signe « d'une valeur diagnostique considérable », disant toutefois que son absence n'équivaut pas à la négation de l'artério-sclérose.

On trouve dans ce Mémoire une ébauche intéressante des rapports de l'artério-sclérose et des troubles nerveux, surtout de la neurasthénie. L'influence défavorable que l'artério-sclérose exerce sur le cours des névroses traumatiques y est relevée : non seulement la névrose peut être aggravée, comme l'a montré Homburger, mais la lenteur de la disparition d'une névrose peut être un « indice » d'artério-sclérose.

Josué cite quelques-unes des sensations bizarres qu'éprouvent parfois les artério-scléreux, et qui sont d'une interprétation si difficile. C'est dans cet ordre de phénomènes qu'on peut sans doute ranger le fait suivant, rencontré par Capiello chez les artério-scléreux 20 fois sur 24 cas. La compression de la radiale jusqu'à l'abolition du pouls fait naître à la paume de la main une sensation que les sujets comparent à un souffle, à une piqûre d'épingle, à la titillation d'une mouche. Ce phénomène serait surtout accusé quand le malade est porteur d'une insuffisance aortique. Il serait dû à la plus grande intensité du courant sanguin qui, ne parvenant à l'arcade palmaire que par la cubitale, buterait plus énergiquement le sinus de l'arcade.

Dans la période initiale de l'affection, les lésions vasculaires n'existent pas. Pour relever le fait, Huchard l'a appelée présclérose. Il lui a donné comme caractères : l'hypertension permanente et l'insuffisance rénale. Huchard n'a pas relevé moins de 13.000 cas d'hypertension avec absence d'altérations artérielles. Il ne s'appuie, il est vrai, que sur des considérations cliniques, et cliniquement on ne peut que présumer et non certifier l'intégrité de l'appareil vasculaire. D'autres médecins réfutent même cette théorie. Hayem dénie l'absence de lésions chez les hypertendus. Lancereaux soutient que l'hypertension n'est pas cause de l'artério-sclérose, et qu'il y a déjà lésion artérielle quand on constate l'hypertension. Chantemesse professe la même opinion et dit qu'à ce stade la dégénérescence hyaline de la tunique interne existe.

Néanmoins, la distinction de Huchard est tout à fait valable en pratique. L'expérience journalière confirme, d'ailleurs, que le traitement qu'il conseille d'opposer à cette période curable préscléreuse est efficace. Il consiste en l'exclusion du régime carné, l'application du régime lacto-végétarien et hypochloruré, dans l'élimination des toxines par la diurèse, le massage, les bains carbo-gazeux, l'électrothérapie par les courants à haute fréquence et l'emploi des nitrites, de l'opothérapie. Il réserve les iodures pour la période de sclérose confirmée.

De Gouget, nous avons à signaler, outre un excellent travail sur les maladies des artères, en collaboration avec le Professeur Roger dans le *Traité de Médecine* de Brouardel et Gilbert, un petit livre très documenté et fait avec la conscience habituelle à l'auteur. Dans l'*Artério-sclérose et son traitement*, il a résumé l'état de la question. De plus, Gouget est revenu plus récemment sur deux points importants dans un article critique. Il pose d'abord la question préjudicielle de l'identité de l'athérome humain et de l'athérome expérimental surrénal ou tabagique. Discutant la valeur des arguments donnés par les adversaires de la parité des deux lésions, et qui sont d'ordre anatomo-pathologique (absence de fonte granulo-graisseuse et siège des altérations cellulaires dans la tunique moyenne), il montre que, dans le processus athéromateux, il ne faut pas admettre des étapes obligatoires et qu'une lésion de même nature peut se présenter sous des apparences diverses. Il comprend, parmi les lésions structurales que détermine la dégénérescence, les transformations granulo-graisseuse, hyaline, fibreuse, calcaire et même la chondrification et l'ossification. Cette opinion est tout à fait conforme aux données de l'Anatomie pathologique. La succession des divers stades n'est nullement nécessaire. Les lésions spontanées humaines et les lésions expérimentales animales sont donc comparables. Gouget montre que la différence de siège n'a pas grande valeur et tient à la minime épaisseur de l'endartère chez certains animaux tels que le lapin. Ajoutons que l'identité de l'athérome humain et de l'athérome expérimental est loin d'être unanimement admise. Ball (de Lyon), qui a expérimenté sur de nombreuses espèces (cheval,

Digitized by Google

vache, chien), reste convaincu d'une différence entre les deux variétés de lésions. Et, chose à noter, dans ses réalisations d'athérome chez les animaux, Ball insiste sur l'intégrité histologique des capsules surrénales.

Quant à l'influence surrénale sur la production de l'athérome, Gouget exprime l'opinion de Josué, admettant à la fois l'action hypertensive et antitoxique des capsules; mais il pense que l'hypertension est la cause « plutôt que la conséquence de la suractivité capsulaire ». Il tend à le prouver en expliquant que la sclérose rénale, par exemple, crée un obstacle à la circulation, exagère la tonicité vasculaire et que le fonctionnement excessif qui est ainsi imposé aux éléments musculo-élastiques amène leur hypertrophie. Cela étant, les organes dit chromaffines, échelonnés le long du sympathique, et, par suite, la capsule surrénale qui est le plus parfait de ces organes, doivent manifester plus d'activité, parce qu'ils « paraissent avoir pour fonction primordiale de subvenir à la tonicité des éléments musculaires élastiques ». D'où l'hypertrophie de la capsule, qui suit l'hypertension. La thèse de Gouget est ingénieuse, mais elle n'est qu'une inversion jolie des modes d'interprétation des phénomènes. Elle est, me semble-t-il, passible de la même critique que je me suis permis de faire à celle de Josué : elle a le défaut de considérer comme démontrée la valeur réactionnelle compensatrice de l'hyperplasie élastique.

II. — Asthme des foins.

Tout le monde connaît cette maladie qui, sans avoir grande gravité, n'en afflige pas moins certaines personnes vers les dernières semaines du printemps. L'*Hay-fever* des Anglais, la fièvre, ou rhume, ou asthme des foins, est, en effet, d'observation fréquente. Ce sont toujours les mêmes personnes qui lui paient leur tribut. La maladie est très sujette à récidive et tient à une prédisposition individuelle particulière. Aussi débute-t-elle presque toujours dans l'enfance et l'adolescence. Après quarante ans, on n'en observe plus guère de première atteinte. A la floraison des foins, les sujets atteints — et les citadins n'en sont pas exempts — sont pris de picotements dans le nez, la gorge et les yeux. Il s'ensuit du larmoiement, de la rougeur des conjonctives et de la bouffissure des paupières. Le nez coule comme dans le coryza, se congestionne, enfle et rougit. La gorge se sèche, puis la toux survient avec des signes de bronchite et quelquefois une oppression assez marquée pour simuler l'asthme. L'état général est à l'avenant : léger appareil fébrile, courbature, malaise, perte de l'appétit. Suivant leur intensité, les troubles occasionnent une simple gêne ou simulent le début d'une affection grave et particulièrement d'une fièvre éruptive, la rougeole surtout. Parfois, ils condamnent le malade à l'inaction complète et l'obligent à chercher un refuge dans un lieu inculte, sur le bord de la mer, ou même dans les îles.

Depuis très longtemps (Elliotson, 1831), on a incriminé le pollen des Graminées. Mais cette raison ne fut admise que tout récemment. Dunbar (de Hambourg), en 1902, a démontré que la fièvre des foins est provoquée par le pollen de certaines plantes. Le plus souvent, c'est le pollen des Graminées qui est en cause, mais celui des plantes d'autres familles (Composées, etc.) peut avoir les mêmes effets. Dunbar a compté 114 plantes susceptibles d'émettre le pollen toxique. Il en a isolé une substance granuleuse, ayant les réactions des amylacées. Une première atteinte de fièvre des foins rend le sujet plus sensible à l'action du pollen. Si quelques sujets très susceptibles présentent des accès en dehors de la floraison de ces plantes, cela peut s'expliquer par la présence, dans l'air même des villes, des grains de pollen. Ce fait a été constaté dans l'atmosphère de Halle.

Dunbar, ayant isolé la toxine pollinique, l'a injectée à des chevaux. Ceux-ci réagissent et fournissent un sérum antitoxique. C'est à ce sérum desséché et pulvérisé qu'on a donné le nom de *pollantine*. Appliquée sur la muqueuse nasale, elle arrête les manifestations morbides.

A Edimbourg, Glegg a contrôlé ces expériences. Sur 222 cas, il a obtenu 127 succès et 71 améliorations. D'autres expérimentateurs ont poursuivi ces essais et, selon Langlois, on peut conclure que le sérum de Dunbar donne une moyenne de 60 °/₀ de guérisons au moins momentanées.

Lubbert a insisté sur le mode d'application de la pollantine. Il conseille de la déposer sur la région initiale du réflexe, sur la muqueuse nasale, ou oculaire, ou pharyngée, suivant les cas. Le mieux est de faire ce traitement le matin, quelques minutes avant le lever. Cela suffit pour protéger le malade pendant quelques heures ou toute la journée. Il est bon de commencer le traitement au printemps, avant la période coutumière des crises. Il faut, en outre, soustraire autant que possible le malade à l'irritation pollinique, fermer les fenêtres, brosser les habits avant la rentrée dans la maison, supprimer les fleurs dans l'appartement, garantir les yeux, le nez, etc. Lubbert a publié la statistique de 505 malades : sur 59,20 °/₀, il a obtenu de bons résultats en pleine saison critique; chez 28,30 °/₀, le résultat n'a été que partiel. Les insuccès ont été de 12,50 °/₀. Ces chiffres sont un peu plus favorables que ceux qu'avait présentés Dunbar.

Le diagnostic de l'asthme des foins rencontre

Digitized by Google

parfois certaines difficultés. Et, pour savoir s'il convient d'essayer la médication spécifique et de persister dans son emploi, Wolf a conseillé judicieusement de recourir à l'épreuve du pollen. Elle consiste en l'injection de la toxine pollinique, obtenue par le broiement et la macération de grains de pollen dans l'eau salée physiologique. Le liquide étant filtré, on en instille quelques gouttes sur la conjonctive des malades à différencier. Dans l'asthme des foins véritable, très vite, la conjonctive se congestionne, les éternuements apparaissent; bref, un accès typique se déclare, qui disparaît en deux heures environ. Dans les autres variétés d'asthme, on ne remarque après l'instillation aucun phénomène réactionnel.

Les chiffres statistiques publiés plus haut montrent que le sérum de Dunbar est inégal dans son action. Je dois dire ici qu'à la saison dernière je l'ai employé avec succès au profit de plusieurs malades. La substance utilisée fut le produit fabriqué par une maison de Leipzig, sous le contrôle de Dunbar et vendu sous le nom de *Pollantin*.

Billard et Maltet pensent que les insuccès de la méthode de Dunbar sont dus à ce que le sérum n'est antitoxique que contre le pollen de certaines Graminées. Ils ont recours au sérum de canards qu'ils ont immunisés pendant sept à huit mois. On l'emploie en instillations oculaires ou injections intranasales. Ce sérum serait, en outre, actif dans certains complexus analogues, déterminés par des poussières et même dans l'asthme essentiel.

III. — Sporotrichose.

Il existe une catégorie de Champignons pathogènes, encore mal connue, dont les espèces ont été décrites il y a quelques années seulement. Une de ces espèces comprend plusieurs variétés, dont l'une particulièrement a été rencontrée par les médecins dans le pus de certains abcès superficiels. Ces Champignons portent le nom de *Sporotrichum*. Ils s'attaquent surtout à la peau.

Observée dès 1900 par les Américains, cette maladie fut étudiée en France en 1903 par de Beurmann et Ramond. Ce fut alors que Matruchot, après avoir déterminé le Champignon, le dénomma *Sporotrichum Beurmanni*. Depuis lors se succédèrent divers Mémoires émanés de : de Beurmann et Gougerot; Dor, Lesné et Monier-Vinard; Brocq, Rubens-Duval et Fage; Vaquez, Laubry et Esmein, etc. Bref, en un temps relativement court, on a pu réunir une vingtaine de cas de l'affection nouvelle.

Le Champignon est un saprophyte. Il existe, à l'état normal, disséminé dans la nature. Il vit sur les végétaux (graines, feuilles, écorces, tiges, etc.) et sur les animaux (larves, chenilles, mouches). C'est un parasite occasionnel qui se développe à la suite d'une inoculation fortuite. On le cultive sur divers milieux, de préférence sur la gélose peptoglycosée de Sabouraud. Les tubes de culture sont laissés à la température ambiante ordinaire, non capuchonnés pour permettre l'oxygénation facile du tube; du quatrième au sixième jour, les colonies apparaissent sous forme de petites taches blanches, entourées d'une auréole rayonnée. Elles grossissent bientôt, forment des plicatures, deviennent brunes et tendent à noircir.

Examinées au microscope, ces colonies sont formées d'un feutrage de longs filaments plus ou moins ramifiés, larges de 2 μ et portant des spores ovoïdes. Les spores forment de petits bouquets rattachés au filament par un pédicule grêle.

Dans le pus frais, le parasite se présente sous un aspect moins caractéristique. Ce sont, parmi les éléments cellulaires, polynucléaires neutrophiles et macrophages, souvent inclus dans ces éléments, des corpuscules d'une forme ovoïde allongée, nævi-formes, munis d'une auréole réfringente.

Les inoculations donnent des résultats variables. Le cobaye semble réfractaire (de Beurmann et Gougerot); mais ce fait n'est pas constant (Lesné et Monier-Vinard). La souris blanche est très sensible : des adénopathies multiples suivent l'abcès initial qui s'est développé au point d'inoculation. Le singe (Ravaut et Civatte), le chat (Rubens-Duval et Monier-Vinard), réagissent avec intensité et donnent des lésions comparables à celles de l'homme.

Cliniquement, les manifestations de la sporotrichose sont très variables. Par analogie avec les apparences que revêtent les lésions cutanées de la syphilis et de la tuberculose, de Beurmann et Gougerot ont décrit deux formes principales de la sporotrichose : les formes syphiloïde et tuberculoïde. Quand elle affecte la peau, la maladie peut présenter des aspects très variés : gommes sous-cutanées, nodules dermiques, verrucomes, ulcérations. Ces mêmes lésions, dans toutes leurs modalités, ont pu être reproduites expérimentalement. La sporotrichose peut se généraliser et déterminer des altérations viscérales, principalement au niveau du foie et des poumons. De Beurmann, Gougerot et Vaucher ont pu infecter des animaux soit par l'inoculation cutanée, soit par l'alimentation.

Jusqu'ici, les manifestations cutanées variables, abcès en séries, gommes, ulcérations, etc., ont été le plus fréquemment observées. Mais les lésions des organes profonds commencent à être décelées par des recherches plus systématiques. Déjà on sait que l'appareil pulmonaire peut être atteint. De Beur-

Digitized by Google

mann, Gastou et Brodier ont observé, chez un malade, outre des gommes cutanées, des lésions laryngées sporotrichosiques. Cet homme était marchand de salades. Les feuilles de ces salades ont donné des cultures de *Sporotrichum Beurmanni*. La sporotrichose peut s'associer à la tuberculose pulmonaire, la simuler même, constituer une pseudo-tuberculose.

Parfois, le champignon parasite se développe au milieu d'un muscle. Brissaud et Rathery ont observé un de ces cas avec phénomènes généraux intenses. De Massary, Doury et Monier-Vinard ont rapporté une observation de gomme sporotrichosique incluse dans le triceps brachial d'un sujet porteur à la fois d'une ostéite astragalienne et de lésions apexiennes du poumon droit, où il fut impossible de déceler le bacille de Koch.

La médication iodo-iodurée est le traitement de choix de cette affection. De Beurmann et Gougerot conseillent d'employer seuls ou associés les iodures de potassium, de sodium, de fer, à la dose de 3 à 4 grammes par jour. « Ce traitement, disent-ils, amène en général la guérison des gommes fermées en quinze à trente jours et celle des gommes ulcérées en quatre-vingt-dix jours et au delà. » Il est prudent de continuer le traitement même après la guérison apparente pour éviter une récidive.

IV. — L'avenir des ulcères gastriques opérés.

Insidieux et méconnu, l'ulcère de l'estomac peut en quelques instants compromettre irrémédiablement la vie. Douloureux et reconnu, il détermine des troubles fonctionnels et des perturbations de la nutrition générale qui amènent une déchéance progressive, tout en conservant les risques d'accidents brusques. Traité, il est souvent rebelle à la médication : pour arriver jusqu'à la guérison, il exige des mesures si longues, si patientes et si coûteuses, qu'elles sont généralement impraticables. Des mois de repos absolu, des mois d'un régime diététique méticuleusement choisi et étroitement surveillé : tous n'ont ni la volonté ni même les moyens de s'y soumettre. Aussi, le traitement médical a-t-il lassé et malades et médecins. Ils se sont tournés vers la Chirurgie, dont l'œuvre, infiniment plus rapide, parviendrait certes à être parfaite, sûre et souveraine, si l'ulcère gastrique n'avait que la signification d'une ulcération traumatique, plus ou moins profonde et étendue, des parois de l'estomac.

La Chirurgie, une fois certaine de l'innocuité immédiate de son intervention, s'est appliquée, en suivant les traditions d'un bon esprit médical, à chercher empiriquement les moyens les meilleurs d'assurer le libre cours de la masse alimentaire, à déterminer les modes d'anastomose les plus favorables et les plus fixes, à perfectionner ses abouchements et ses sutures, à régler sa technique. Elle s'est assez peu occupée de parfaire la physiologie du tractus intestinal : elle ne semble pas avoir regardé avec assez de minutie comment s'effectue, en réalité, la progression des chymes successifs et les modifications de forme, d'état et de rapports que ce cheminement imprime aux divers segments du tube digestif. Elle s'est attachée à ne pas commettre de fautes d'école envers la Physiologie, qui, tournée vers d'autres horizons, ne se souciait plus que des actions glandulaires et n'avait pas trop de toute son attention pour suivre les genèses rapides et les transformations prodigieuses des diastases. Aussi les nouvelles que nous apporte la Radioscopie nous semblent-elles des révélations. Elles nous ramènent, en ces questions, à considérer l'intérêt presque pur des actions mécaniques. Il faut remarquer, d'ailleurs, qu'à part ceux du système locomoteur, il n'y a guère d'organes qui, plus que le tube digestif, imposent à ce point de vue aussi exclusif la recherche du fonctionnement mécanique. De tout temps, on s'est beaucoup occupé des phases du péristaltisme normal. Aujourd'hui que les progrès et les variétés des expérimentations se sont multipliés, cette étude est à compléter avec les méthodes qui permettent de solliciter les contractions intestinales et de s'en rendre compte sur une anse isolée ou même sur l'ensemble du tractus. Et, sans doute, on arrivera à des résultats importants par l'application des actions électro-chimiques de solutions salines à divers degrés de concentration.

Parmi les travaux parus sur les suites lointaines de la gastro-entérostomie appliquée à la cure de l'ulcère gastrique, nous viserons surtout le récent et consciencieux Mémoire de Parmentier et Denéchau. Ces auteurs se sont adressés à des chirurgiens très compétents et très habiles pour savoir ce qu'étaient devenus leurs opérés. C'est ainsi qu'ils ont recueilli 102 cas de gastro-entérostomies pratiquées depuis dix ans par des maîtres, tels que Terrier, Tuffier, Hartmann, Gosset et Souligoux. Sur ces 102 malades, 3 seulement étaient morts : deux de cancer stomacal ultérieurement développé et un de tuberculose ; 17 ont pu envoyer des renseignements précis et 82 ont subi un examen médical minutieux.

Dans nombre de cas (70 %), Parmentier et Denéchau ont constaté la persistance de troubles gastriques, mais incomparablement moins graves que les accidents qui avaient précédé et justifié l'opération. Néanmoins, ces troubles sont assez constants pour déterminer un véritable état de dyspepsie. Cette dyspepsie est variable dans ses manifestations dominantes. Chacune d'elles sert de caractéris-

Digitized by Google

tique aux six modalités de la dyspepsie des ulcères opérés décrites par les auteurs.

C'est d'abord la douleur. Il est très rare qu'on ne l'observe pas, plus ou moins atténuée. Qualifiée de simple « misère » par certains malades, elle prend quelquefois une grande intensité. Elle ne survient qu'assez longtemps après l'opération. Légère au début, elle s'accroît parfois et prend les caractères de térébration et même de transfixiation pathognomoniques de l'ulcère, mais elle n'est pas toujours localisée au même point où elle siègeait avant l'opération. Elle revient généralement par crises, trois à cinq heures après le repas. Elle est provoquée par les excès ou les écarts alimentaires ou même par la simple fatigue.

Les vomissements sont beaucoup moins fréquents que les douleurs. Ils n'ont rien de commun avec ceux qui peuvent survenir très tôt après l'opération et qui tiennent à un fonctionnement défectueux de la bouche anastomotique ou d'une mauvaise condition opératoire. Les vomissements sont quelquefois limités à des régurgitations acides ou brûlantes, ou bien ils sont aqueux ou bilieux (cas fréquent). Ils entraînent des restes alimentaires. Le vomissement est rendu très pénible, quelquefois impossible, par la gastro-entérostomie : aussi les crises périodiques de vomissements bilio-alimentaires sont-elles plus remarquables chez certains malades.

Les anciens opérés sont fréquemment constipés. Plus rarement, ils ont des selles diarrhéiques (7 à 8 %). Cette diarrhée peut être intermittente ou continue et même revêtir les caractères de l'entérite muco-membraneuse.

D'autres fois, les troubles dyspeptiques se groupent en un complexus plus varié : ils constituent ce que les auteurs appellent le syndrome dyspeptique secondaire à la gastro-entérostomie. Ce sont alors des douleurs accompagnées de régurgitations aqueuses et de constipation, qui ont un retentissement général et déterminent un amaigrissement et une débilitation notables. On peut souvent attribuer ces retours des divers troubles et surtout des douleurs à la mauvaise hygiène alimentaire et surtout à l'abus des boissons alcooliques.

A ces diverses modalités, Parmentier et Denéchau ajoutent une forme spéciale, à laquelle l'élément nerveux imprime un caractère aggravatif. Il rend compte de la persistance ou du renouvellement de crises où les troubles gastro-intestinaux se mêlent à des phénomènes psychopathiques.

La dominante de ces formes ne reste pas toujours aussi exclusive que l'indique la description précédente. Tôt ou tard, les symptômes se surajoutent les uns aux autres; et toutes ces formes, sauf la forme nerveuse, dont l'évolution peut prendre une orientation spéciale, marchent « vers un aboutissant univoque, dont les formes graves et compliquées sont l'expression ». C'est ainsi que peu à peu réapparaissent les symptômes capitaux du début : le syndrome pylorique avec douleurs, constipation, renvois et vomissements. Les hémorragies mêmes se reproduisent au niveau soit de l'estomac, soit d'une ulcération qui siège sur l'anse intestinale abouchée à l'intestin. Dans un certain nombre de cas, la gastro-entérostomie faite en vue de guérir un ulcère gastrique a déterminé une ulcération intestinale voisine, l'ulcère peptique du jéjunum. Celui-ci peut provoquer une inflammation contigüe et plus ou moins étendue du péritoine, et même, après avoir amené des adhérences inflammatoires entre diverses anses de l'intestin, aboutir à la formation de fistules entre des parties voisines comme rapports, mais très éloignées comme valeur physiologique : telle la fistule jéjuno-colique qui semble la plus fréquente. Alors l'estomac communique sans peine avec le gros intestin : la bouche artificielle gastrique est toute voisine de la bouche spontanée jéjuno-colique. Des symptômes nouveaux, vomissements fécaloïdes et diarrhée lientérique, apparaissent, qui expliquent les graves modifications survenues; en outre, des perforations, des hémorragies peuvent se produire. Sur les 102 malades étudiés par Parmentier et Denéchau, 11 ont eu des hémorragies plus ou moins graves et précoces après l'opération.

Dans certains cas, ces hémorragies reconnaissent pour cause un ulcère latent, qui n'existait pas encore au moment de l'intervention et qui ne s'est développé que plus tard et dans une autre région de l'estomac. Antérieurement, Körte avait déjà insisté sur la fréquence de la perforation chez les gastro-entérostomisés. Parmentier et Denéchau ont relevé, parmi les causes de mort plus ou moins lointaine des anciens opérés, le cancer et la tuberculose; mais les chiffres produits ne sont pas élevés : ils se réduisent à deux cas de cancer observés par les auteurs et à trois cas de tuberculose.

Il est intéressant de dire la survie que présentèrent les 102 malades observés : 13 avaient été opérés depuis huit à dix ans; 7, depuis six à huit ans; 9, depuis quatre à six ans; 21, depuis trois à quatre ans; 12, depuis deux ans; 16, depuis plus d'un an; 24, depuis moins d'un an.

Au cours de leur travail, Parmentier et Denéchau insistent, à de fréquentes reprises, sur l'influence pernicieuse des excès alimentaires et des abus de boissons alcooliques. C'est la principale cause du retour des troubles dyspeptiques. Le vin n'est pas bien supporté par ces malades; le pain et la viande crue sont souvent mal tolérés. Malgré tout, l'examen de ces cas laisse à penser que, dans nombre d'entre eux, l'opération, si elle a pallié aux inconvénients d'un ulcère en évolution ou d'une sténose, n'a pu

Digitized by Google

toutefois amener la guérison définitive. Après elle, la gastrite a parfois continué, un ulcère nouveau s'est formé soit sur l'intestin, près de la bouche gastro-jéjunale, comme dans l'ulcère peptique, soit sur l'estomac au niveau du pylore, de la petite courbure. Parfois une seconde laparotomie s'impose, et on trouve une nouvelle ulcération, ou la disparition de la bouche artificielle, ou une fistule. La fermeture spontanée de la bouche anastomotique semble être favorisée par la perméabilité du pylore. Cela s'explique par la résultante de l'action des fibres musculaires des tuniques de l'estomac. Orientées de façon à ce que leur poussée normale s'effectue vers le pylore, elles ne sont pas modifiées par la création de l'anastomose, qu'elles réduisent à néant si le pylore est libre et n'oppose pas une résistance suffisante pour assurer le reflux des liquides vers l'anastomose et le forcement de la bouche artificielle.

Parmentier et Denéchau développent le traitement diététique qu'il est nécessaire d'imposer aux ulcéreux gastriques opérés. Ils montrent les graves déceptions qui suivent les deux pratiques extrêmes, consistant l'une à attendre longtemps avant d'alimenter le malade, l'autre à l'alimenter dès le deuxième jour. Il faut débuter par des aliments insignifiants : eau pure, infusions, bouillies très légères, puis donner des jaunes d'œufs délayés et n'augmenter que très progressivement le régime. Il n'est jamais utile de passer trop tôt au régime carné. Les auteurs s'élèvent contre l'emploi des pastilles de glace, qui « ne laissent pas l'estomac au repos », des boissons gazeuses, du champagne, etc. Le bouillon même peut être mal toléré.

La formule générale préconisée par les auteurs est la suivante : diète absolue pendant vingt-quatre à trente-six heures; puis lait, coupé d'eau, additionné d'eau de chaux ou de Vichy, par petites doses fragmentées, lait pur; au quatrième ou cinquième jour, bouillies à la fleur d'avoine, crème d'orge, potages au lait, au tapioca, laits de poule; enfin riz, riz au lait, gelée de fruits doux. Le huitième jour, œufs sous diverses formes, pâtes, purées, poisson, poulet. Vers le vingtième jour, viande bien divisée, beurre, légumes verts très cuits. En boisson, de l'eau pure, des infusions légères (tilleul, mauve, camomille). Il faut éviter le vin, le bouillon, le jus de viande, les fruits trop acides. L'effet du régime doit être contrôlé par l'observation du poids des malades. Il est préférable de ne pas leur laisser prendre un embonpoint excessif, ni trop rapide.

Ce traitement diététique est le meilleur qui puisse être employé pour conjurer le retour des accidents gastriques. Il faut tenir grand compte aussi de ce précepte, dont les auteurs soulignent l'importance : « Les opérés dont la capacité vitale est réduite doivent abandonner les métiers qu'ils exerçaient pour embrasser des professions moins pénibles. » Si, malgré ces précautions, des crises surviennent, on devra restreindre le régime, recourir aux pansements bismuthés et au maillot humide ou à la compresse de Priessnitz, supprimer tout travail, voire même prendre le repos absolu au lit.

Quant à l'emploi si répandu des alcalins, Parmentier et Denéchau le condamnent; ils s'élèvent contre l'alcalinophagie, et citent des exemples où le bicarbonate de soude avait été pris abusivement aux doses quotidiennes de 50 et 100 grammes : ils n'ont jamais vu pareils malades guérir complètement.

En forme de conclusion, les auteurs de ce mémoire judicieux et sage disent quel profit on peut tirer du traitement médical pour obvier aux inconvénients constatés après l'opération. Au lieu de répudier l'intervention *a priori* et sur la simple considération des troubles qui la peuvent suivre, il est préférable d'aider l'action chirurgicale par une conduite ultérieure rationnelle. Recourir à l'opération dans les cas d'insuffisance du traitement médical ou de complications alarmantes, et en assurer les résultats par une diététique convenable, c'est aussi la conclusion d'un des maîtres les plus compétents en chirurgie gastrique, Hartmann. Avec une juste intelligence des faits, il conseille au médecin de présenter au chirurgien les malades avant qu'ils ne soient débilités par une inanition excessive.

Le mortalité opératoire dans la gastro-entérostomie serait approximativement de 8 à 10 %, d'après Kronlein. Le relevé statistique de Parmentier et Denéchau donne 7 % de suites éloignées mauvaises, 39 % de suites médiocres et 54 % de suites bonnes.

Les cas les plus favorables correspondent aux sténoses pyloriques, puis viennent les ulcères en évolution ou hémorragiques. Enfin les ulcères éloignés du pylore et surtout les estomacs biloculaires fournissent le plus d'accidents opératoires.

Au dernier Congrès de Médecine de Paris, la question de l'ulcère gastrique était à l'ordre du jour. Les médecins rapporteurs, Linossier et Castaigne, ne se sont pas déclarés très favorables à la gastro-entérostomie. Parmi les chirurgiens, les prudents comme les audacieux, ceux que n'effraie pas une pointe de hardiesse comme Tuffier et Monprofit, ceux mêmes dont l'habileté couvre la témérité comme Doyen, ont reconnu les inconvénients opératoires dans nombre de cas. C'est encore la formule développée par Hartmann qui semble être actuellement la plus juste et la plus pondérée : Faire l'opération quand les hémorragies se répètent, ou quand le syndrome pylorique est fixement établi; et, après l'intervention, soigner l'ulcère opéré de la façon que conseillent Parmentier et Denéchau.

Dr A. Létienne.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Laisant (C. A.), *Docteur ès sciences, Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.* — **La Mathématique. Philosophie, enseignement.** — *2e édition, revue et corrigée. 1 vol. in-8° de 243 pages. (Prix : 5 fr.) Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1908.

Dans cet ouvrage, M. Laisant s'est proposé comme une vaste synthèse de la science mathématique, sous la forme la plus simple, de manière à être compris des personnes qui n'ont qu'une connaissance élémentaire de cette science. Dans la première partie (*Mathématiques pures, Philosophie*), il nous montre la genèse et l'enchaînement des idées fondamentales qui ont constitué les diverses branches des Mathématiques pures. Après avoir suivi le développement de l'idée de nombre dans l'Arithmétique, il nous fait apercevoir les généralisations rendues nécessaires par les progrès de la science, et qui conduisent à l'Algèbre, ou plutôt aux Algèbres de toutes sortes, suivant l'espèce des grandeurs qu'on envisage.

Les idées fondamentales de fonction et de continuité l'amènent au Calcul infinitésimal : il en remarque avec raison les origines anciennes et en retrace les récents et rapides progrès, intimement liés à la Théorie des fonctions et à celle des Equations différentielles. M. Laisant aborde ensuite la Géométrie, et, après y avoir montré le rôle des postulats, il énumère et décrit les branches de cette science : Géométrie ancienne et moderne, projective, cinématique, de situation, etc... Un chapitre spécial est consacré à la Géométrie analytique : il met en relief la puissance de généralisation que cette partie de la Mathématique doit au Calcul. Enfin, M. Laisant expose le but et les principes de la Mécanique rationnelle, qui abstrait les notions de mouvement, de temps et de masse et les soumet au Calcul.

Dans la seconde partie (*Mathématiques appliquées, Philosophie*), l'auteur nous montre combien sont délicates et complexes les sciences d'application, et avec quelles précautions doit se faire le retour de l'abstrait au concret, qui en est le but; il en montre l'utilité pratique et l'importance au point de vue des progrès de la civilisation; puis il décrit sommairement l'objet de chaque branche : application du Calcul, de la Géométrie, de la Mécanique.

Enfin, la dernière partie du livre est consacrée à l'*Enseignement des Mathématiques*. Dans une introduction générale, M. Laisant examine l'utilité et l'opportunité de la culture mathématique et les meilleurs moyens de l'acquérir. Il en montre la salutaire influence sur le développement intellectuel, et prouve, à l'inverse d'une opinion encore trop répandue, qu'elle est applicable et nécessaire à la plupart des hommes. Puis il compare quelques méthodes d'enseignement, et conclut que leur valeur dépend surtout du professeur qui les applique. Revenant ensuite en détail sur l'enseignement français, il indique bien des modifications utiles et rendues nécessaires par les progrès de la science et l'abandon de traditions archaïques qui n'ont plus leur raison d'être; beaucoup de ces modifications ont d'ailleurs pénétré dans l'enseignement actuel. Le dernier chapitre : « la Hiérarchie des enseignements », critique avec raison l'infinie variété de nos modes d'enseignement scientifique, trop spécialisés en vue des préparations aux diverses carrières.

Tel est, en résumé, cet intéressant ouvrage auquel le talent de l'auteur a su donner, malgré l'apparente aridité du sujet, une forme attrayante et une élégante simplicité : cette seconde édition ne peut manquer d'obtenir le succès de la première.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

Fricker (M.), *Ingénieur civil des Constructions navales.* — **Résistance des Carènes.** — *1 vol. de l'Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire. (Prix : 2 fr. 50.) Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1907.

Le volume est divisé en trois parties. Dans la première, l'auteur traite des notions qu'il faut connaître pour aborder l'étude de la résistance des carènes. On y trouve l'analyse des actions réciproques de la carène et du liquide qui l'environne, la résistance du plan mince, l'étude de la houle trochoïdale, de l'onde solitaire et des vagues, enfin quelques pages relatives aux recherches théoriques sur la forme des trajectoires des particules liquides mises en mouvement au passage de la carène du navire.

La seconde partie commence par l'examen des deux classes de méthodes de mesure de la résistance des carènes : 1° les méthodes directes, dans lesquelles on procède au moyen d'expériences sur la carène du navire lui-même, soit par remorquage, soit par la mesure des vitesses décroissantes; 2° la méthode indirecte, où les mesures sont effectuées en se servant d'un modèle de la carène à expérimenter qui est remorqué au moyen d'un appareil spécial dans un bassin d'essai. Puis l'auteur indique quelques-unes des formules dont se servent les constructeurs pour apprécier les formes d'une carène et fournit quelques données sur l'utilisation et la résistance due aux remous.

Dans la troisième partie, l'étude de la dérive du gouvernail et des girations est passée sommairement en revue.

L'ouvrage de M. Fricker est intéressant et facile à lire, l'auteur s'étant attaché à le rédiger en ne faisant usage que de notions sommaires d'Analyse. Etant donné le personnel un peu spécial auquel il s'adresse et le caractère expérimental des sujets traités, les formules que cite M. Fricker auraient souvent gagné à être accompagnées de tableaux de chiffres donnant les résultats d'essais ou permettant de se faire une idée de la valeur des formules. Quoi qu'il en soit, ce petit volume rendra service, et les sujets assez arides qui y sont traités sont bien présentés.

Mazzuoli (A.), *Lieutenant de Vaisseau, Commandant le Polygone de Viareggio.* — **Sulle probabilita di colpire.** — *1 Note gr. in-8° de 6 p. Rivista marittima. Roma,* 1908.

Travail des plus intéressants dans lequel l'auteur étudie, en vue des résultats du tir, l'écart entre l'erreur maximum et l'erreur probable d'une série de projectiles dirigés sur une cible. La Note de M. Mazzuoli ne pourra manquer d'être consultée avec fruit.

2° Sciences physiques

Chwolson (O.-D.), *Professeur à l'Université impériale de Saint-Pétersbourg.* — **Traité de Physique,** *traduit sur les éditions russe et allemande par* M. Ed. Davaux, *Ingénieur de la Marine. Edition revue et augmentée par l'auteur, suivie de notes sur la Physique théorique par* MM. E. et F. Cosserat. — *Tome I. Deuxième fascicule :* **L'Etat gazeux des corps.** *1 vol. in-8° de 152 pages avec 60 figures. (Prix : 6 fr.) — Tome II. Deuxième fascicule :*

Digitized by Google

L'Indice de réfraction. Dispersion et transformations de l'énergie rayonnante. 1 *vol. in-8° de 232 pages avec 157 figures.* (*Prix* : 10 *fr.*) *A. Hermann, editeur. Paris*, 1907.

M. E. Amagat a déjà indiqué ici même[1], en analysant les deux premiers fascicules parus, le plan général de l'ouvrage et le mode d'exposition suivi par l'auteur. Nous n'y reviendrons pas; nous nous bornerons à signaler le contenu des deux nouveaux fascicules qui ont vu le jour.

Le second fascicule du tome I est consacré à l'état gazeux des corps. L'auteur y traite successivement de la densité des gaz, de la tension des gaz et des appareils qui la mesurent ou l'utilisent : baromètres, manomètres et machines pneumatiques, du contact des gaz avec les gaz, les liquides et les solides, de la théorie cinétique des gaz, du mouvement des gaz et de leur dissociation.

Le second fascicule du tome II continue l'étude de l'énergie rayonnante par l'examen de l'indice de réfraction. Puis l'auteur consacre un important chapitre à la spectroscopie, suivi d'un appendice de M. A. de Gramont sur les méthodes modernes d'observation en analyse spectrale. Enfin, le volume se termine par l'étude des transformations de l'énergie rayonnante : fluorescence, phosphorescence, photochimie.

Gérard (Eric), *Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore*, et **de Bast** (O.), *Sous-Directeur.* — **Exercices et projets d'Electrotechnique.** *Tome* I. — 1 *vol. in-8 de 240 pages avec 96 figures.* (*Prix* : 6 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Nuls n'étaient plus autorisés pour traiter pareil sujet que les auteurs de ce livre, dont la longue et sûre expérience de l'enseignement électrotechnique se révèle à chaque page de cet ouvrage. Les 104 problèmes qu'il contient se succèdent classés par chapitres suivant les grandes divisions de l'Electrotechnique : Magnétisme, Electrostatique, Lois du courant électrique, Electromagnétisme, Induction électromagnétique, courants alternatifs. La plupart, ainsi que les auteurs l'indiquent dans la préface, « se rattachent directement à l'ordre pratique » et donnent la solution de problèmes qui se présentent chaque jour à l'ingénieur-électricien dans les branches les plus variées. Tels sont le calcul de l'épaisseur d'isolant des câbles télégraphiques sous-marins, le calcul de l'échauffement des conducteurs en fonction de l'intensité qui y circule, l'influence de la variation de résistivité des diverses parties d'un circuit sur la répartition des potentiels et, par suite, sur l'isolement à prévoir pour le réseau, la répartition du courant entre les divers conducteurs lorsque les forces électro-motrices des machines couplées en parallèle varient, ainsi que les différents problèmes auxquels peuvent donner lieu les divers modes d'accouplement des moteurs et des génératrices, le calcul des sections optima pour les conducteurs d'un réseau, le calcul des batteries tampons dans différents cas, les problèmes relatifs aux galvanomètres ainsi que ceux relatifs aux mesures des perméabilités et aux courants de rupture. Dans l'étude des courants alternatifs, on retrouve dans les énoncés le même esprit pratique qui fait poser le problème avec les mêmes données que celles dont on a à tenir compte dans la réalité pratique et sous la forme courante; mais ici les solutions sont données au moins et par la méthode graphique et par le calcul, au moyen des symboles imaginaires, en supposant toujours les grandeurs soumises à des variations sinusoïdales. Tels sont les problèmes sur le calcul des bobines de réactance, des différences de potentiel nécessaires au fonctionnement d'un réseau donné, des commutatrices dans différentes conditions, sur le couplage des alternateurs en parallèle, puis quelques problèmes courants d'installation se terminant par les deux problèmes fondamentaux du calcul de l'impédance d'une ligne triphasée donnée et du rendement d'une ligne de transport d'énergie.

Mais, outre ces problèmes usuels, ce livre renferme encore de véritables méthodes de mesure, recettes indispensables à l'ingénieur électricien, comme la mesure du diphasage entre la différence de potentiel et l'intensité avec un voltmètre et un ampèremètre seuls, — le moyen d'améliorer le rendement d'une ligne par l'emploi judicieux de condensateurs. — la détermination simple du facteur de puissance avec un wattmètre seul.

Enfin d'autres problèmes sont, pour ainsi dire, des illustrations tangibles de phénomènes plus ou moins complexes étudiés en Electrotechnique qualitativement et dont les auteurs donnent ainsi une explication encore plus saisissante par exemple, à propos du pouvoir inducteur spécifique des diélectriques, de l'énergie dépensée lors de la fermeture d'un courant, de l'étude complète du courant de charge d'une capacité, ou de la superposition de courants continus et alternatifs. Enfin, « dans les énoncés, les valeurs numériques des quantités ont été le plus souvent indiquées en unités hétérogènes, afin de fournir de nombreux exemples de transformations d'unités ».

Les auteurs ont donc vu juste lorsqu'ils ont écrit : « Nous nous plaisons à croire que le technicien pourra également y trouver des renseignements utiles »; cependant, qu'il nous soit permis d'exprimer le regret que, dans la présente édition, les auteurs n'aient pas pensé à faire ajouter un répertoire comprenant les énoncés des problèmes. Ce livre serait ainsi devenu, grâce à cette recherche facile, non seulement une aide précieuse pour l'étudiant électricien, mais un guide utile et vraiment pratique pour tout ingénieur électricien.

JOSEPH BION,
Ingénieur-Electricien,
Diplômé de l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris.

Petit (G.), *Ingénieur civil.* — **Céruse et Blanc de zinc.** — 1 *vol. de l'Encyclopédie des Aide-mémoire.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Masson et Cie, Gauthier-Villars, éditeurs. Paris*, 1907.

L'auteur traite une question brûlante, qui a passionné l'opinion, préoccupé le législateur, et qui, délicate et obscure par elle-même, a été compliquée encore par les considérations de la politique.

L'exposé est méthodique et l'étude des notions fondamentales de la peinture à l'huile — que l'on trouve en tête du livre — est une heureuse entrée en matière; exempte de détails trop techniques et réduite à ses traits généraux, elle prépare à une lecture facile et profitable de la partie fondamentale.

Le corps de l'ouvrage est formé de l'exposé des principaux procédés de fabrication de la céruse et de ses succédanés, ainsi que du blanc de zinc, de l'examen critique des peintures et enduits à la céruse et au blanc de zinc, et aussi de la recherche des sophistications. On a l'impression que l'auteur parle d'une chose qu'il a vue et bien vue. Le chapitre relatif à la toxicologie de la céruse est traité avec modération et impartialité.

En somme, l'aide-mémoire rédigé par M. G. Petit mérite confiance et faveur.

EUG. CHARABOT,
Inspecteur et Membre du Conseil supérieur de l'Enseignement technique.

Lumière (A.) **et ses fils.** — **Agenda Lumière.** — 1 *vol. petit in-18 de 426 pages.* (*Prix* : 1 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Cet agenda, le plus complet de tous ceux qui se publient en photographie, contient, avec des renseignements généraux, un certain nombre de documents physiques, chimiques et photographiques choisis parmi les plus importants, ainsi que les principaux travaux publiés par MM. Lumière en 1907. Mémento commode, des mieux conçus, dont l'éloge n'est plus à faire, et qui a sa place marquée dans la bibliothèque de tout photographe.

[1] Voir la *Revue* du 15 mars 1906, p. 245.

Digitized by Google

3° Sciences naturelles

Chevalier (Auguste). — **Mission Chari-Lac Tchad. L'Afrique centrale française, récit du voyage de la Mission.** — *Appendice par MM. Pellegrin, Germain, Courtet, Petit, Bouvier, Lesnes, du Buysson, Surcouf, Aug. Chevalier.* — 1 *vol. in-4° de* xv-776 *pages, avec* 112 *fig.*, 6 *planches hors texte,* 6 *cartes.* (*Prix* : 20 *fr.*) *Augustin Challamel, éditeur. Paris,* 1908.

M. Auguste Chevalier, qui est actuellement chargé d'une Mission d'études botaniques en Afrique occidentale, pour une durée de dix années, et qui est revenu en novembre dernier d'une première et très fructueuse campagne, s'était signalé auparavant par plusieurs explorations et notamment, de 1902 à 1904, par son importante Mission dans le bassin du Chari et au lac Tchad, Mission dont cet ouvrage fait connaître les résultats géographiques et scientifiques. M. Chevalier était accompagné de M. Henri Courtet, officier d'administration d'artillerie coloniale, du Dr Decorse et de M. Martret, chef de cultures; ces deux derniers sont malheureusement décédés, le Dr Decorse au retour d'une nouvelle exploration, M. Martret à la suite de cette mission même.

Ayant remonté l'Oubangui jusqu'à Fort-de-Possel, M. Chevalier laissa M. Martret à Fort-Sibut, à l'entrée du territoire du Tchad, où il fut chargé d'installer un jardin d'essais. Il y a été ensemencé 460 espèces de plantes utiles, dont un bon nombre ont pu être acclimatées.

Se séparant alors du Dr Decorse, trop souffrant pour poursuivre de suite le voyage, M. Chevalier commença avec M. Courtet des voyages, qui durèrent quinze mois, à travers les territoires du Tchad. Environ 500 lieues des sentiers parcourus étaient pour la première fois foulés par des blancs, et les levés de la Mission eurent le mérite de faire connaître des itinéraires nouveaux dans l'est du Chari et du Tchad. Une grande part revient notamment à la Mission dans l'exploration du Dar Banda, du Dar Sara et de l'espace compris entre les lacs Fittri et Tchad.

La Mission étudia au passage les populations de la forêt, Bondjos, Bandas et Mandjias, sur lesquels l'ouvrage de M. Chevalier donne de curieux détails; puis le chef de la Mission pénétra, avec M. Courtet, dans les Etats du sultan Senoussi, où il s'installa, afin de rayonner tout à l'entour de la capitale. M. Chevalier nous renseigne sur les origines de Senoussi et de son Etat, sur sa personne et sur son genre de vie, sur sa capitale, Ndellé, dont il nous donne le plan, sur sa puissance militaire. Le séjour de cinq mois qu'il fit dans cette contrée, à la limite des trois bassins du Chari, de l'Oubangui et du Nil, constitue le plus important épisode du voyage.

Les principales excursions autour de Ndellé furent dirigées vers la Tété, au Bangoran, au Mamoun, à Ngara et au Bamingui. Les itinéraires levés par M. Courtet au 1/375.000e, permettent de suivre les voyageurs. Les marais de Mamoun étaient représentés par les caravaniers arabes comme un grand lac comparable au Tchad; en réalité, on trouve dans cette région un complexe de marigots et d'étangs, mais quant au Mamoun, c'est une mare en arc de cercle, large de 40 à 50 mètres, assez profonde seulement pour que le fond reste invisible.

Une autre partie toute nouvelle du voyage fut l'exploration de la région du lac Iro. MM. Chevalier et Courtet furent les premiers à approcher et à contourner ce lac, et ils purent ainsi constater que le Bahr Salamat ne s'y jette pas, comme l'avait affirmé Nachtigal, mais passe quelques kilomètres plus au sud. Une carte de M. Courtet, au 1/375.000e donne la configuration du lac et tout l'itinéraire qui y conduit depuis Fort-Archambault. Le lac mesure environ 18 kilomètres dans sa longueur sur 9 de largeur. La Mission a traversé, pour s'y rendre, le pays des Goulfés et celui des Saras de l'est, qu'elle a reconnus être très distincts des Saras de l'ouest. Presque toutes les femmes de ces régions portent, aux deux lèvres, ces larges rondelles de bois qu'on appelle des soundous et qui les déforment d'une façon si horrible.

Tandis que M. Courtet retournait à Fort-Archambault, M. Chevalier poursuivit un itinéraire en zigzags à travers le sud du Dékakiré, dans un pays couvert de pics granitiques, sur lesquels vit un peuple de troglodytes, les Noubas; puis il visita tout le Baguirmi, sur lequel il donne de très importants renseignements géographiques et économiques. Continuant sa marche vers le Nord, il atteignit la région de Moïto, et put étudier les territoires peu connus situés entre le lac Fittri et le sillon du Bahr-el-Ghazal. Enfin, M. Chevalier décrit le Kanem, dans lequel il pénétra, puis le lac Tchad, qui fut le terminus de son exploration. Arrivé à Fort-Lamy, il y retrouva le Dr Decorse, qui y était arrivé de son côté, recueillant en route une quantité énorme de matériaux d'études.

La première partie de ce fort ouvrage, qui est consacrée au récit de cette magnifique exploration, contient en même temps une somme considérable de renseignements non seulement géographiques, mais de toutes sortes sur les pays parcourus, dont M. Chevalier fait connaître en détail les populations, les productions, les ressources diverses, la valeur économique. Il n'est pas d'ouvrage qui puisse fournir une documentation aussi variée et aussi complète sur le bassin du Chari et du lac Tchad, et ce travail fait grand honneur au savant explorateur.

Mais ce n'est pas tout. Sous forme d'appendices, qui occupent près de la moitié de ce gros livre, M. Chevalier, faisant appel à l'érudition de quelques spécialistes, a pu ajouter des travaux savants qui complètent l'exposé de son voyage, en faisant connaître d'une façon détaillée la contribution que lui doivent certaines branches de la science.

M. Jacques Pellegrin a décrit les Poissons recueillis par la Mission; il a pu constater que le Tchad n'a pas une faune ichtyologique propre et que le nombre des formes qui lui sont particulières est très minime.

M. Louis Germain a fait une étude des Mollusques terrestres et fluviatiles de l'Afrique centrale qui est à elle seule une œuvre très remarquable. Il faut dire que des éléments très importants lui avaient été fournis par la Mission Chari-lac Tchad, la seule de nos grandes missions africaines qui ait rapporté des collections de mollusques aussi riches; elles forment le fond de la documentation qui a servi à ce travail, mais l'auteur tient compte aussi des trouvailles faites par d'autres voyageurs. Il est fâcheux que la plupart de nos missions négligent entièrement la Malacologie.

La Géologie et la Minéralogie ont été traitées ensuite par M. Courtet. Les Diatomées récoltées par la Mission Chevalier au Chari-Tchad ont été décrites par M. Petit. De courtes notes sont données sur les Arachnides, Myriapodes, Crustacés et Insectes recueillis. Les collections d'Arachnides, de Myriapodes et de Coléoptères sont particulièrement riches et feront l'objet d'études spéciales. A ces notices, M. Chevalier a ajouté quelques chapitres sur des questions d'Agriculture, sur la Préhistoire et l'Ethnographie, sur la « galerie forestière » du Soudan méridional.

De très bonnes figures accompagnent les descriptions scientifiques. Deux cartes au 1/3.000.000e ont été dressées : l'une donne les itinéraires suivis par la Mission; l'autre est une carte économique très intéressante à consulter au point de vue de la mise en valeur du pays. GUSTAVE REGELSPERGER.

Bose (Jagadis Chunder), *M. A., D. S. C., Professor, Presidence College, Calcutta.* — **Comparative Electro-physiology. A Physico-Physiological Study.** — 1 *vol. in-8° de* 760 *pages avec* 406 *figures.* (*Prix* : 18 *fr.*, 75.) *Longmans, Green et Cie, éditeurs. Londres,* 1908.

Le livre que M. Bose vient de publier est le troisième qu'il consacre à l'étude des phénomènes élec-

Digitized by Google

triques, dans leurs rapports avec la Physiologie. Les deux précédents sont « Response in the Living and non Living, 1902 » et « Plant Response : as a means of physiological Investigations, 1906. » Ce nouveau volume contient une partie de ce qui a déjà été publié dans les deux précédents : c'est un travail d'ensemble, mis au point, où l'auteur réunit les diverses observations faites sur les phénomènes électriques des êtres vivants et cherche à leur donner une explication tirée de ses expériences sur les métaux.

Quand on explore une tige métallique, fixée en son milieu, avec des électrodes impolarisables placées vers les extrémités, en tordant une des moitiés de la tige, on obtient un courant. C'est là le point de départ des recherches de Bose sur les phénomènes électriques produits par les plantes et les animaux, dans le but de montrer que ces phénomènes ne sont pas dus à une « action vitale », opinion que Bose croit encore exister chez les physiologistes. Il n'en est cependant rien, car, depuis les travaux de Hermann, de Bernstein, de Waller, de Nernst, etc., l'explication donnée aux actions électro-physiologiques est purement physique, différente, il est vrai, de celle de Bose.

Quoi qu'il en soit, le nouveau livre de Bose contient un grand nombre de faits intéressants et de dispositifs expérimentaux ingénieux pour l'étude de l'électricité produite par les plantes ou les animaux à l'état de repos ou à la suite d'une excitation. C'est ainsi que nous trouvons d'abord de nombreuses observations sur les divers organes des végétaux, tiges, feuilles, racines, montrant la production de courants accompagnant une déformation ou une excitation par l'électricité, la chaleur ou la lumière.

Puis, vient l'influence qu'exercent, sur ces courants, certains produits chimiques, le chloroforme, une lésion locale ou la fatigue. L'auteur passe ensuite aux courants produits par la peau des animaux et l'écorce des plantes, par les glandes, par la rétine, par le nerf.

M. Bose cherche à montrer les liens qui existent entre tous ces phénomènes, depuis la production d'un courant lors de la déformation d'un métal jusqu'aux manifestations des organismes vivants les plus compliqués, à l'étude de l'électrotonus, de la loi de Pflüger et de celle de Fechner.

Certains résultats étonneront évidemment le lecteur, par exemple l'affirmation que le nerf se raccourcit sous l'effet d'une excitation électrique, ce raccourcissement pouvant atteindre 14 et même 20 °/₀ de la longueur du nerf; mais le plus grand nombre des expériences citées sont fort intéressantes pour tous ceux qui se sont occupés d'Electro-physiologie.

Dr G. Weiss,
Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine,
Membre de l'Académie de Médecine

4° Sciences médicales

Binet (A.), *Directeur du Laboratoire de Psychologie à la Sorbonne*, et **Simon** (Dr Th.), *Médecin assistant au Bureau d'admission de l'Asile clinique*. — **Les enfants anormaux. Guide pour l'admission des enfants anormaux dans les classes de perfectionnement.** — 1 *vol. in*-8° *de* 211 *pages*. (*Prix* : 2 *fr.*) *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1908.

Médecins et philanthropes ont maintes fois exprimé le vœu qu'on créât dans les écoles publiques des classes spéciales pour l'instruction des enfants anormaux : c'est seulement en 1904 qu'une Commission fut nommée qui rédigea tout un plan d'organisation scolaire pour les enfants arriérés et instables; un projet de loi en est sorti qui sera incessamment déposé sur le bureau des Chambres.

Il est un groupe tout à fait hétérogène d'enfants que leur organisation physique et intellectuelle rend incapables de profiter des méthodes ordinaires d'instruction et d'éducation qui sont en usage dans les écoles publiques : tels sont les sourds-muets, les aveugles, les épileptiques, les idiots, les imbéciles, les débiles, les instables, etc. Les auteurs éliminent de leur étude les sourds-muets et les aveugles, qui reçoivent déjà une éducation spéciale, ainsi que les idiots les plus gravement atteints, dont la place est dans un asile spécial.

Restent donc les anormaux proprement dits, qui ne sont à leur place ni dans l'école ordinaire ni dans un hôpital : l'école les trouve trop peu normaux, l'hôpital ne les trouve pas assez malades. Ce qu'il leur faut, c'est une instruction particulière adaptée à leur forme d'intelligence, c'est une école spéciale.

La proportion de ces enfants anormaux est d'environ 5 °/₀. Ces sujets présentent le plus souvent les trois caractères suivants : 1° un retard de développement; 2° ce retard est accusé spécialement dans certaines facultés, moins dans d'autres, d'où un défaut d'équilibre; 3° parfois un trouble particulier, à cachet pathologique, des facultés mentales. On peut diviser les anormaux en trois groupes : 1° les *arriérés* de l'intelligence; 2° les *instables* ou anormaux du caractère, turbulents, bavards, incapables d'attention; 3° les types *mixtes* réunissant à la fois l'arriération et l'instabilité. Les auteurs tracent les portraits psychologiques de ces anormaux, étudient leurs aptitudes intellectuelles (enquêtes par questionnaire et *tests* d'arriération), et concluent en disant que l'atelier doit, dans l'enseignement des anormaux, devenir un lieu d'instruction plus important que la classe.

Un chapitre intéressant est consacré à l'examen pédagogique des anormaux d'école. Comment les directeurs d'écoles primaires et les instituteurs s'y prendront-ils pour reconnaître les enfants suspects d'arriération? Par un procédé très simple : le retard des enfants dans leurs études. Un retard scolaire de trois ans signale un enfant comme suspect d'arriération. L'appréciation de l'instabilité est, par contre, plus délicate, plus subjective. L'inspecteur primaire contrôlera le degré d'instruction et le degré d'intelligence des enfants signalés par le directeur. Le retard scolaire sera apprécié par un procédé méthodique (questions arrêtées d'avance, dont la difficulté est connue, et portant sur la lecture, le calcul et l'orthographe). L'examen psychologique se fera également à l'aide de *questions d'intelligence*, graduées comme difficulté suivant l'âge des enfants. Quant à l'instabilité, son vrai signe est pour l'enfant de ne s'entendre avec aucun maître. On ne doit recevoir dans les écoles spéciales que les anormaux perfectibles; les *anormaux d'hospice* (idiots, épileptiques à accès fréquents, instables pervers) doivent être éliminés. Les auteurs donnent des définitions de l'enfant idiot, de l'enfant imbécile et de l'enfant débile. L'école spéciale ne recevra pas non plus les enfants normaux, mais en retard dans leurs études (ignorants).

MM. Binet et Simon délimitent avec soin le rôle du médecin. Il n'a pas à choisir les enfants anormaux parmi les enfants de l'école; l'examen anatomique (anthropométrie, stigmates physiques, expression de la physionomie) ne peut dispenser de l'examen direct de l'intelligence; il ne vient qu'en second lieu pour découvrir dans une école les anormaux. Mais le médecin a cependant un rôle actif : il doit chercher : s'il s'agit bien d'un cas de débilité intellectuelle et non d'une affection mentale intercurrente (démence précoce, alcoolisme); si l'arriération constatée ne comporte pas un traitement médical (myxœdème); s'il n'existe pas chez l'arriéré, à côté de son arriération, quelque maladie définie (épilepsie, végétations adénoïdes, etc.).

Les auteurs étudient enfin le rendement scolaire et social des écoles et classes d'anormaux.

Tous ceux qui s'occupent de pédagogie et de l'assistance des arriérés liront avec grand fruit le livre très documenté et fort intéressant de MM. Binet et Simon.

Dr P. Sérieux,
Médecin des Asiles d'aliénés de la Seine.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. M. Petrovitch** recherche les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction $f(z)$ formée par une série de Taylor à coefficients réels ait ses zéros tous réels. — **M. E. Cotton** décrit une nouvelle méthode pour l'intégration approchée des équations différentielles. — **M. V. Crémieu** démontre qu'il existe, pour chaque navire et sur chaque houle, un minimum de l'angle de roulis au-dessous duquel on ne peut descendre sans désavantage; si l'on disposait de moyens d'agir sur le tangage, on arriverait à une conclusion inverse. — **M. Ch. Nordmann** décrit une méthode pour la mesure de la dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire, basée sur l'observation photométrique d'une série d'images monochromatiques d'une étoile donnée. — **M. Lecointe** présente les observations du passage de Mercure du 14 novembre 1907, faites à l'Observatoire royal de Belgique. Les valeurs du diamètre de Mercure qu'on en déduit sont de $9'',5$ et $9'',13$.

2° Sciences physiques. — **M. H. Becquerel** assimile les spectres de composés, récemment étudiés par M. Dufour, à certains spectres de phosphorescence ou d'absorption. — **M. P. Pascal**, en faisant réagir AzH^3 sur les solutions de ferripyrophosphate de sodium, a obtenu divers précipités formés de combinaisons de phosphate de sodium avec du ferripyrophosphate ammoniacal. L'action de AzH^3 sur le pyrophosphate ferrique donne un sel complexe $Fe^4(P^2O^7)^3(AzH^3)^8.32H^2O$. — **MM. P. Lebeau** et **R. Bossuet**, par l'action directe de Mg sur Si, ont obtenu un seul composé défini $SiMg^2$, cristallisant dans Mg, dont on peut le séparer en éliminant le métal par la formation d'un organo-magnésien. $SiMg^2$ se dissocie complètement dans le vide ou dans un courant d'H à 1.200°. — **M. A. Haller** a procédé à l'alcoolyse de l'huile de lin, ce qui lui a permis d'en extraire, outre divers constituants déjà connus, de l'acide stéarique en quantités appréciables et de l'acide arachique en petites proportions. — **M. E. Fouard**, par filtration à travers une membrane de collodion des solutions colloïdales d'amidon, a obtenu un liquide présentant la transparence et la fluidité de l'eau pure et constituant une dissolution parfaite d'amidon dans l'eau. — **M. J. Larguier des Bancels** a observé que la gélatine se dissout dans l'eau à la température ordinaire, en présence de divers sels neutres; en présence des électrolytes, la gélatine se dissout dans les mélanges de certains non-électrolytes et d'eau. — **MM. H. Cousin** et **H. Hérissey** ont préparé le dithymol avec un bon rendement par action du perchlorure de fer sur une solution alcoolique de thymol à 15°. Par l'action de Br, on obtient le dithymol dibromé, F. 156°-157°, qui est oxydé par un excès de Br en dibromo-dithymoquinone, F. 134°. — **MM. R. Lespieau** et **Viguier**, en faisant réagir C^3H^5MgBr sur l'alcool propargylique et faisant passer un courant de CO^2, ont obtenu l'acide γ-oxytétrolique $CH^3OH.C : C.CO^2H$, F. 115°-116°, donnant avec Br un acide bibromé, F. 137°-138°, et sa lactone, F. 91°. — **M. Savariau** a reconnu que la condensation du chloral avec les dérivés organo-magnésiens cycliques conduit à des alcools trichlorés qui, par ébullition avec les carbonates alcalins, sont décomposés directement en aldéhydes cycliques et chloroforme. — **M. M. Guerbet**, en faisant réagir l'alcool benzylique sur son dérivé sodé, a obtenu du stilbène, du dibenzyle, du toluène et de l'acide benzoïque; il est probable qu'il se forme d'abord du phénylbenzylcarbinol, qui se décompose ensuite. — **M. J. Minguin** a étudié, au moyen du pouvoir rotatoire, l'état de dissociation des camphocarbonates d'amines de la série grasse et de la série aromatique en dissolution dans l'eau et dans l'alcool. — **MM. G. Bertrand** et **M. Rosenblatt** ont constaté que la tyrosine racémique est complètement transformée en mélanine par la tyrosinase; l'oxydation diastasique porte avec la même intensité sur les deux antipodes optiques; il n'y a qu'une seule espèce de tyrosinase. — **MM. J. Anclair** et **L. Paris** ont isolé du bacille de Koch une troisième variété de poisons tuberculeux, représentant la matière protoplasmique, qu'ils nomment bacillo-caséine; elle est insoluble dans l'eau, soluble dans les acides minéraux concentrés et les alcalis caustiques. — **M. Gouère** décrit un procédé de dosage rapide du bichromate de K dans les laits, basé sur la mise en liberté de l'iode du KI ajouté et le titrage de celui-ci par l'hyposulfite.

3° Sciences naturelles. — **M. Y. Delage** estime que les différences observées dans les résultats de M. Loeb et les siens sur la parthénogénèse proviennent de la différence du milieu géographique. — **M. G. Nicolas** a reconnu que l'intensité de la respiration intramoléculaire présente, le plus souvent, des valeurs très voisines pour le limbe, la tige et le pétiole; elle est généralement plus faible que celle de la respiration normale, surtout pour le limbe. — **M. P. Vuillemin** montre que plusieurs espèces de champignons se trouvent mélangées dans les touffes irrégulières de certains *Capnodium*; des thalles et des fructifications de *Seuratia* sont mélangés, notamment au *Capnodium javanicum* et au *C. stellarum*. — **M. C. Lebailly** a constaté que le *Treponema pallidum* peut se multiplier *in vitro* dans le foie et dans la rate et que sa vitalité peut être conservée pendant plusieurs jours.

Séance du 17 Février 1908.

La Section d'Astronomie présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. Lœwy : 1° **M. B. Baillaud**; 2° **MM. H. Andoyer, M. Hamy** et **P. Puiseux**. — L'Académie présente à M. le Ministre de l'Instruction publique la liste suivante de candidats pour la chaire de Chimie minérale vacante au Collège de France : 1° **M. C. Matignon**; 2° **M. A. Job**. — L'Académie présente à M. le Ministre de l'Instruction publique la liste suivante de candidats pour la Chaire de Biologie générale du Collège de France : 1° **M. E. Gley**; 2° **M. Moussu**.

1° Sciences mathématiques. — **M. E. Goursat** présente ses recherches sur un théorème de la théorie des équations intégrales. — **MM. G. Millochau** et **C. Féry** décrivent un nouvel actinomètre au moyen duquel ils ont essayé de déterminer la valeur de la constante solaire, qu'ils ont trouvée égale à 2,38 cal. On en tire, par comparaison avec les valeurs obtenues pour un four électrique, une valeur de la température du Soleil variant entre 5567° et 5696° absolus. — **M. M. Amann** adresse des observations sur la visibilité de l'anneau de Saturne du côté non éclairé par le Soleil et sur sa réapparition en janvier 1908. — **M. Cl. Rozet** a reconnu que toutes les sources lumineuses intenses, telles que Vénus, Jupiter, Mars, Sirius, Bételgeuse, etc., produisent, comme le Soleil, le phénomène des ombres volantes; ce phénomène est en relation avec la scintillation.

2° Sciences physiques. — **M. E. Doumer** a constaté que, dans l'électrolyse des dissolutions de HCl, une

Digitized by Google

partie du courant, nullement négligeable, sert à l'électrolyse de l'eau de la dissolution. — Mlle **Gleditsch** a dosé spectroscopiquement le lithium dans plusieurs minerais radio-actifs; tous en contiennent, mais il n'existe aucun rapport simple entre le cuivre et le lithium dans ces minerais. — M. **I. Bay** dose le S dans les matières organiques en les brûlant dans un tube-baïonnette en présence de carbonate de soude et de magnésie calcinée; la combustion est achevée dans l'oxygène. Le soufre passe à l'état de sulfate, qui est dosé par $BaCl^2$. — M. **H. Baubigny** décrit un procédé de séparation de AgCl et AgI, basé sur l'action d'une solution de sesquicarbonate d'ammonium et d'AzH^3, qui dissout le chlorure et laisse l'iodure. — MM. **G. Malfitano** et **L. Michel** ont constaté que les anions empêchent la formation du colloïde ferrique dans l'hydrolyse du perchlorure de fer. — M. **J.-M. Albahary** décrit une méthode nouvelle d'analyse complète des substances végétales. — M. **L. Maquenne** fait remarquer que la solution parfaite d'amidon obtenue récemment par M. Fouard est identique à la solution d'amylose préparée par lui-même et M. Roux. — M. **H. Duval**, en soumettant le diphénylméthane à la réaction de Friedel et Crafts avec du chlorure d'acétyle, a obtenu du *p-p*-diacétyldiphénylméthane, du *p*-monoacétyldiphénylméthane et de l'acétophénone. — M. **Letellier** a constaté que C^6H^5MgBr agit comme réducteur sur l'oxypivalate d'éthyle en donnant les glycols $CH^2OH.C(CH^3)^2.C(OH)(CH^3CH^3)^2$, F. 19°, et $CH^2OH.C(CH^3)^2CH(OH)CH^2CH^3$, F. 59°. — M. **J. Lavaux** étudie le mécanisme de la production simultanée des diméthylanthracènes 1:6 et 2:7 dans l'action de CH^3Cl^2, de $CHCl^3$ ou de $C^2H^4Br^4$ sur le toluène en présence d'$AlCl^3$. — MM. **Eug. Charabot** et **G. Laloue** ont reconnu que l'essence d'écorce de *Tetranthera polyantha* var. *citrata* renferme du citral, du citronellal, un alcool (géraniol?) et des éthers; l'essence de feuilles contient du citral, du cinéol et un alcool (géraniol?); l'essence de fruits renferme du citral, un alcool (géraniol?) et des éthers. — M. **M. Javillier** a étudié la fixation du zinc par le *Sterigmatocystis nigra*. La dose de 1/10.000.000 est nécessaire au développement de la plante; jusqu'à 1/25.000, la plante végète encore normalement; les doses supérieures à 1/25.000 sont toxiques.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Arthaud** signale la fréquence des ulcérations intestinales dans le cours de la grippe; on les observe dans 30 °/₀ des cas chez la femme et 10 °/₀ chez l'homme. — M. **C. Fleig** a étudié l'action purgative de la phénolphtaléine et de la disodoquinone phénolphtaléinique; cette dernière, particulièrement, constitue un purgatif excito-sécrétoire très net, actif en injection sous-cutanée aussi bien qu'en ingestion. — M. **R. Robinson** montre que, dans la diminution de la taille par tassement de la colonne vertébrale, il n'y a que la partie antérieure des corps vertébraux qui est comprimée, par suite du manque d'adhérence ligamenteuse; la partie postérieure reste à peu près normale. — M. **A. Gallardo** estime que la loi de Mendel est exacte, tout en se trouvant en désaccord avec les statistiques des populations adultes qui, toutes, ont subi une forte sélection. — M. **Y. Delage** confirme que la parthénogénèse des œufs d'oursin peut être obtenue, par sa méthode, en solution isotonique à l'eau de mer. — M. **L. Roule** montre que la notocorde des Tuniciers doit être considérée comme une production latéro-dorsale d'un diverticule entéro-cœlien impair, dont le cordon endodermique représente la part ventrale. — M. **E. Roubaud** a constaté que les pupes de la *Glossina palpalis* périssent après quelques heures d'exposition au soleil. Il en résulte que le débroussaillement des gîtes à Glossines, de même que l'incendie des herbes, s'impose pour empêcher la pullulation de la mouche. — MM. **M. Dubard** et **P. Dop** ont reconnu que les Malpighiacées de Madagascar présentent des affinités surtout africaines par les genres *Microsteira*, *Triaspis*, *Acridocarpus*; mais un certain nombre de formes nouvelles viennent se ranger dans un groupe nettement américain. — MM. **L. Gentil** et **Freydenberg** ont étudié diverses roches alcalines rapportées du Centre africain : ce sont des syénites à amphiboles sodiques de la région du Sokoro, puis des granites, microgranites, rhyolites alcalines et trachytes alcalins de la région de Zinder. — M. **J. Thoulet** a trouvé, dans un fond marin du golfe de Gascogne et dans un échantillon de terre végétale des environs de Nancy, des grains minéraux qui possèdent tous les caractères du diamant; celui-ci serait alors d'origine cosmique. — MM. **J. Brunhes** et **C. Calciati** mettent en évidence, par leurs observations et un relevé au 10.000e de trois boucles typiques de la Sarine, que cette rivière tend à diriger de plus en plus son travail d'érosion du côté de son versant le plus élevé, le versant droit.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 18 Février 1908.

M. **J. Lucas-Championnière** présente un Rapport sur un travail du Dr **Berlioz**, relatif à la *désinfection des livres fermés*. L'auteur a placé sur la marge externe ou dans la profondeur du livre des crachats tuberculeux ou des cultures de divers microbes, dans des volumes de plus de 1000 pages, et les a soumis pendant plusieurs heures à l'action d'un mélange d'aldéhydes formique et éthylique dans une étuve à 90°-95. Des ensemencements de fragments de pages souillées ont été négatifs et montrent que la stérilisation était complète. Les volumes ne souffrent généralement pas de ce traitement, surtout si l'on recouvre la couverture d'une feuille de papier. — M. **H. Benjamin** présente un Rapport sur une note de M. **Lignières** relative à un nouveau mode de produire la cuti-réaction à la tuberculine. La peau est lavée, rasée, puis frottée avec quelques gouttes de tuberculine brute. Chez les sujets sains, la peau reste normale; chez les tuberculeux, dès la 24e heure, apparaissent des papules entourées d'une petite auréole. Au premier degré, les papules, isolées, ne dépassent pas le nombre de dix; au second degré, il y en a plus et quelques-unes peuvent être confluentes; au troisième degré, elles sont toutes confluentes et forment une plaque. — M. **A. Gautier** donne son opinion sur l'emploi des composés arsenicaux en agriculture : il propose de défendre absolument l'usage des arsenicaux solubles et des arsenicaux plombiques, et d'autoriser celui des arsenicaux cupriques jusqu'à la floraison. — M. **P. Cazeneuve** apporte de nouveaux arguments en faveur d'une prohibition absolue. La question est renvoyée à l'examen d'une Commission. — M. **F. Widal** montre l'intérêt qu'il peut y avoir à surveiller la quantité de boisson absorbée par tous les brightiques, qu'ils soient ou non chargés d'œdèmes. Il ne faut pas abuser du lait, et le remplacer en partie par un régime mixte hypochloruré. — M. le Dr **Achard** lit un travail sur la résistance de l'activité des leucocytes. — M. le Dr **Delagenière** donne lecture d'un travail sur la résection totale et sub-totale de l'estomac aux points de vue anatomo-pathologique et opératoire d'après dix observations personnelles.

Séance du 25 Février 1908.

M. le Président fait part du décès du Dr **Mignot**, associé national.

M. **Kelsch**, à propos de travaux récents, ne croit pas que les résultats d'expériences pratiquées sur de petits animaux très éloignés de notre espèce puissent prévaloir contre les témoignages si saisissants que l'observation a enregistrés depuis des siècles à la charge du refroidissement, envisagé comme agent pathogène. Celui-ci est et comptera toujours parmi les plus puissantes des causes secondes. — MM. **E. Lancereaux** et **Paulesco** signalent l'efficacité de l'administration longtemps continuée de la quinine dans le traitement du goitre exophtalmique. — M. **Armaingaud** conclut, de l'examen des écrits de Montaigne, que celui-ci n'a

Digitized by Google

jamais été hypocondriaque, contrairement à l'opinion de M. Landouzy. — M. **J. Teissier** estime que l'hypertension artérielle généralisée est l'apanage des scléroses rénales primitives ou de l'hyperépinéphrie; à l'hypertension localisée répond une altération viscérale ou vasculaire localisée, que cette lésion soit isolée ou simplement prédominante par rapport aux lésions diffuses disséminées sur la totalité du système artériel. — M. le Dr **Sebileau** lit un travail sur l'appareil suspenseur du larynx.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 8 Février 1908.

MM. **E. Jeanselme** et **A. Sézary** ont constaté qu'il n'y a pas de parallélisme entre la formule sanguine et la lymphocytose céphalorachidienne chez les syphilitiques. — MM. **Ch. Dhéré** et **G. Prigent** ont étudié l'excitation chimique des terminaisons cutanées des nerfs sensitifs par les métaux alcalino-terreux; $CaCl^2$ est moins actif que KCl et AzH^4Cl, mais plus actif que NaCl et LiCl. — MM. **A. Morel** et **O. Monod** décrivent un procédé très sensible de recherche de l'urobiline, applicable à tout liquide, même au sérum. — MM. **C. Fleig** et **P. de Visme** expliquent les accidents dyspnéiques de l'intoxication tabagique chez l'homme par une double action périphérique et centrale. — MM. **L. Jammes** et **A. Martin** ont reconnu que la température optima pour le développement en milieu artificiel de l'œuf des Nématodes parasites varie de 33° à 38°. — MM. **M. Breton, L. Massol** et **G. Petit** ont observé que certains liquides céphalo-rachidiens, mis en contact avec la lécithine, sont capables d'empêcher l'activation du venin par cette dernière; ces liquides arrêtent également l'action hémolysante de la lécithine seule. — M. **H. Piéron** signale chez les insectes plusieurs cas d'immobilisation, volontaire au même titre que la fuite, dont elle est un équivalent au point de vue des moyens de défense. — M. **H. Guilleminot** montre que le parallélisme entre le pouvoir fluoroscopique et le pouvoir chimique des rayons X de qualité variée est suffisant pour que l'unité M tirée de leur pouvoir fluoroscopique puisse servir de mesure à leurs actions biologiques. — MM. **Nonnotte** et **Sartory** ont cultivé le *Bacillus anthracis* Dav. sur milieu à base d'urée; les bacilles deviennent filiformes; l'urée ne subit aucune transformation chimique. — M. **A. Frouin** a observé que, chez les chiens dépancréatés auxquels on a enlevé préalablement une partie des capsules surrénales, le volume de l'urine sécrétée de même que l'intensité du diabète pancréatique sont diminués. — MM. **Cl. Regaud** et **Dubreuil** ont reconnu que la glande interstitielle de l'ovaire est sans rapport avec le rut chez la lapine. — M. **A. Mayer** n'a pu reconnaître si l'extirpation préalable des surrénales modifie le diabète qui suit l'enlèvement du pancréas; mais l'extirpation postérieure chez le chat diminue la glycosurie. — M. **C. Fleig**, en faisant arriver dans l'eau glycérinée un double courant gazeux de SO^2 et de H^2S, a obtenu des colloïdes très stables du soufre, injectables dans les veines sans aucun danger. — M. **Laignel-Lavastine** a étudié le système des fibres endogènes des cordons postérieurs dans la dégénérescence ascendante des racines de la queue de cheval. — MM. **F. Widal** et **Rostaine** ont constaté, au cours de la crise, chez des malades atteints d'hémoglobinurie paroxystique, que le taux de l'urée dans l'urine s'élève en même temps que la teinte hémoglobinique, pour diminuer ensuite avec elle. L'azote total présente une marche parallèle.

Séance du 15 Février 1908.

M. **A. Brissemoret** montre que le sens de l'action pharmaco-dynamique de composés organiques non azotés est orienté par la fonction de support, c'est-à-dire par l'hydrocarbure. — MM. **de Beurmann** et **Gougerot** montrent la supériorité des méthodes de Dominici, de Gram et de Prenant pour la coloration du *Sporotrichum*. — M. **D. Courtade** décrit une méthode de mesure quantitative des rayons X basée sur leur action photographique, en prenant comme étalon un échantillon de radium. — MM. **L. Ambard** et **M. E. Binet** ont reconnu que la quantité d'amylase contenue dans tout l'intestin est très sensiblement constante, quel que soit l'aliment en digestion et quelle que soit l'heure à laquelle on examine la digestion. — M. **G. Riquoir** estime qu'en ajoutant des doses infinitésimales d'un ou plusieurs corps médicamenteux à un colloïde artificiel, on augmente considérablement la valeur thérapeutique de ces corps. — MM. **F. Raymond** et **H. Claude** décrivent une forme de dyschondroplasie avec arthropathies et micromélie; ce sont des lésions de rhumatisme chronique infectieux qui ont provoqué l'atrophie musculaire des membres. — M. **P. Mulon** a constaté que, chez le cobaye, l'évolution de la grossesse ne peut se faire sans la présence du corps jaune. — M. **M. Letulle** montre que, chez l'homme et le cheval, la variété de botryomycose la plus typique se caractérise par une hyperplasie végétante du squelette conjonctivo-vasculaire des téguments externes, déterminée par la présence d'éléments parasitaires fixés dans le tissu interstitiel enflammé; ces parasites paraissent être des amibes. — M. **H. Iscovesco** a isolé du sang trois sortes de lipoïdes : un sous forme de fragments jaune ocre, donnant des émulsions électropositives; un sous forme de paillettes blanchâtres électronégatives; le dernier semblable à une lécithine. — MM. **M. Doyon, Cl. Gautier** et **A. Policard** revendiquent, sur M. André, la priorité de la découverte des lésions produites chez la grenouille par l'ablation du foie. — M. **Ch.-A. François-Franck** a appliqué avec succès la chronophotographie microscopique à l'arc voltaïque à l'étude des mouvements browniens. — MM. **E. Trouessart** et **Valéry-Mayet** ont étudié un Acarien, le *Notophallus major*, qui a attaqué cet hiver les semis de petits pois primeurs de la presqu'île de Giens; on est parvenu à le détruire par des pulvérisations au savon, pétrole et nicotine. — M. **L. Gaucher** indique une réaction très simple permettant de distinguer le lait cuit du lait cru; en leur ajoutant une solution fraîche d'hématéine, le lait bouilli se décolore en quelques secondes, le lait cru reste coloré en rose. — M. **G. Bohn** montre, dans les phénomènes des tropismes chez les Echinodermes, l'importance des réceptions de la lumière par les points oculiformes.

M. **A. Prenant** est élu membre titulaire de la Société.

Séance du 22 Février 1908.

MM. **A. Guilliermond** et **Mawas** rapprochent, par leurs études, les granulations des Mastzellen des grains de sécrétion basophiles très abondants, connus chez les Protistes sous le nom de corpuscules métachromatiques. — MM. **M. Lœper** et **Ch. Esmonet** ont constaté que la muqueuse de l'intestin grêle permet la résorption de la presque totalité des ferments des matières albumidoïdes; elle se montre encore assez perméable à ceux des matières grasses; la résorption du ferment amylolytique se fait sur toute la longueur de l'intestin. — MM. **H. Bierry** et **E. Feuillié** ont étudié les lésions du rein après ligature de courte durée d'une artère ou d'une veine rénale; on a affaire à une véritable autolyse aseptique *in vivo*, qui retentit rapidement sur le rein laissé libre. — MM. **C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont constaté que, dans la syphilis, la période d'incubation qui précède le chancre correspond à un développement progressif des lésions histologiques et à une multiplication croissante du spirochète. — M. **E. Maurel** a étudié l'influence de la voie d'administration sur la dose minima mortelle de strophantine pour divers animaux. — MM. **A. Mayer, G. Schæffer** et **F. Terroine** présentent un appareil pour la filtration des colloïdes à travers des membranes. — MM. **J. L. Chirié** et **A. Mayer** ont reconnu que la ligature temporaire des veines rénales produit des lésions réversibles du rein, qui se réparent rapidement, à la suite

Digitized by Google

desquelles apparaissent des lésions beaucoup plus graves de nécrose du foie. — **M. P. Remlinger** a constaté que, dans la transmission héréditaire de l'immunité antirabique, le rôle du père est nul; celui de la mère est réel, mais l'immunité est inconstante et peu solide. — **M. H. Iscovesco** montre que l'un des lipoïdes qu'il a extrait des globules rouges du sang de cheval possède des propriétés anti-hémolytiques. — **M. A. Pettit** a étudié le rein d'un éléphant d'Asie, mort à la ménagerie du Muséum. C'est un rein conglobé, multiréniculé, mais où la fusion des lobes s'effectue avec une extrême lenteur. — **M. E. Pozerski** a reconnu que la partie liquide du suc intestinal, quoique riche en entérokinase, ne contient pas ou ne contient que des traces non dosables de calcium. — **M. M. Nicloux** a constaté que l'éther passe de la mère au fœtus, le foie fœtal en contenant même plus que le foie maternel. — **MM. H. Labbé, G. Vitry** et **A. Magrangeas** ont observé que le coefficient d'Amann (rapport de H^2SO^4 des sulfo-éthers à l'Az urinaire) ne subit pas de grandes variations dans les états pathologiques. — **M. M. Nonnotte** a fait l'étude bactériologique d'un certain nombre de cotons hydrophiles dits aseptiques; tous renfermaient des microbes : *B. subtilis*, *B. coli*, staphylocoque doré, moisissures, etc.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 27 Janvier 1908.

M. R. de Drouin de Bouville signale, chez les Ombles de ruisseau élevés à Bellefontaine, près Nancy, une malformation en forme de collerette, provenant d'une énorme distension de l'articulation qui réunit l'os lingual au basihyal. — **M. L. Bruntz** a reconnu que les reins existent bien chez les Thysanoures; les néphrocytes à carminate sont disposés suivant deux types; la phagocytose s'exerce par les globules sanguins ou par un organe phagocytaire. — **MM. P. Jeandelize** et **M. Perrin** ont observé que les lapins thyroïdectomisés sont beaucoup plus sensibles que les lapins normaux à l'empoisonnement par l'arséniate de soude. La médication arsenicale ne doit être employée qu'avec prudence chez les insuffisants thyroïdiens. — **M. M. Lucien** estime que les troubles gastro-intestinaux ne sont pas capables à eux seuls de déterminer l'apparition de l'athrepsie, qui est due, en outre, aux lésions profondes des organes hématopoïétiques et des glandes à sécrétion interne. — **M. A. Harter** a observé une cirrhose hypertrophique tuberculeuse avec formations adénomateuses kystiques chez un chat mort de cachexie. — Le même auteur a observé un cas de blastomycose généralisée chez un soldat revenant d'Indo-Chine, avec symptômes de tumeur cérébrale. — **MM. A. Charpentier** et **Th. Guilloz** présentent quelques observations sur les solutions de mercure colloïdal. — **MM. G. Etienne, J. Parisot** et **M. Lucien** ont observé deux types d'anévrismes expérimentaux de l'aorte, caractérisés par la calcification de la partie moyenne de la mésartère, accompagnée d'une transformation des éléments qui la composent. — **M. J. Parisot** a constaté l'apparition des symptômes urémiques, sous l'influence du chlorure de sodium, chez les animaux atteints de néphrite. — **M. G. Etienne** signale la persistance de l'ophtalmo-réaction à la tuberculine chez un sujet dont les foyers tuberculeux ont été supprimés par amputation il y a douze ans.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 4 Février 1908.

MM. J. Sabrazès, L. Muratet et **H. Antoine** ont observé un épithélioma mélanique de la paupière, consécutif à une morsure de rat, chez le chat. La rate de ce chat présentait une transformation élective des cellules en « mastzellen ». — **M. G. Denigès** a constaté que la vanilline et l'aldéhyde cinnamique sont d'excellents réactifs de l'indol; en présence de HCl, la première donne une coloration rouge éosine, la seconde une coloration jaune. Il décrit, d'autre part, quelques perfectionnements aux méthodes de Legal et d'Ehrlich pour la recherche de l'indol. Le benzène commercial non purifié renferme des produits qui donnent des colorations avec l'indol en présence de HCl. — **M. A. Auché** recherche les pigments biliaires en projetant dans le liquide des poudres inertes qui entraînent les pigments ou en dissolvant ceux-ci par le chloroforme thymolé, puis faisant agir des réactifs connus. Il a obtenu un spectre caractéristique des pigments biliaires en ajoutant à leur solution de l'acétate de zinc, puis de l'iode. — **MM. H. Verger** et **E. Soulé** ont obtenu la destruction de l'hypophyse par le procédé de l'électrolyse bipolaire. — **MM. J. Gautrelet** et **P. Thuau** ont reconnu que la polypnée supprime la glycosurie due à l'adrénaline.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 30 Janvier 1908.

M. V. Babes estime qu'il n'est pas douteux que la recherche des lésions rabiques est préférable à celle des corpuscules de Negri pour faire le diagnostic rapide de la rage d'un chien mordeur. — **M. Gr. Jacobson** signale deux cas où une vaccination ultérieure a produit une réaction et même des pustules sur d'anciennes cicatrices vaccinales. — **MM. V. Sion** et **N. Alexandrescu** ont isolé du maïs avarié une variété d'*Aspergillus fumigatus*, qui pousse le mieux entre 20° et 24° et dont l'extrait de culture est très toxique pour le lapin et le chien.

Séance du 23 Février 1908.

MM. J. Athanasiu et **I. Dragoin** ont observé une infiltration graisseuse généralisée dans le corps de la grenouille pondant l'hiver; ce fait explique pourquoi ces animaux ont plus de glycogène en hiver qu'en été. — **M. V. Babes** a reconnu que, dans la maladie d'Addison, la localisation la plus importante de la tuberculose se trouve au niveau des capsules surrénales; dans la tuberculose aiguë miliaire, les capsules surrénales sont presque toujours atteintes, tandis que dans la tuberculose chronique c'est rarement le cas. — Le même auteur présente quelques observations sur la nature cellulaire des segments des fibres musculaires du cœur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 7 Février 1908.

M. Henri Abraham : *Emploi du galvanomètre à cadre mobile comme instrument universel dans les mesures sur les courants alternatifs.* Les courants alternatifs de faible intensité, tels que les courants téléphoniques, sont jusqu'ici peu étudiés faute d'appareils sensibles. Le galvanomètre à cadre mobile et électro-aimant feuilleté permet d'obtenir une très grande sensibilité, qui reste la même, soit dans la mesure des courants continus, soit dans celle des courants alternatifs de fréquence même très élevée (500 périodes par seconde et au delà). Avec une résistance intérieure d'une centaine d'ohms, on appréciera le millième de microampère. Dans la plupart des applications, on n'emprunte donc pour les mesures qu'une fraction insignifiante des courants. Le champ dans l'électro-aimant étant $H \sin \omega t$, si l'on envoie dans le cadre mobile le courant $I \sin (\omega t - \varphi)$, la déviation permanente sera proportionnelle à $HI \cos \varphi$. Supposons maintenant qu'on remplace ce courant par un autre de même amplitude, mais qui soit exactement en quadrature avec le premier : la déviation mesurera $HI \sin \varphi$, et *l'ensemble des deux expériences fera connaître à la fois l'amplitude et la phase du courant* I. Voici comment on obtient très simplement ces courants égaux et en quadrature : 1° On enroule quelques tours de fil sur l'électro-aimant. La force électromotrice induite dans cet enroulement est *en quadra-*

Digitized by Google

ture avec le flux de l'électro-aimant; 2° On prend, d'autre part, une dérivation aux extrémités d'une résistance sans self, intercalée dans le circuit d'excitation de cet électro-aimant. La force électro-motrice obtenue est *en phase* avec le flux dans l'électro, et rien n'est plus aisé que de régler cette deuxième force électro-motrice à l'égalité avec la première. Les montages qui viennent d'être décrits ont été réalisés au cours d'expériences faites en commun avec M. Devaux-Charbonnel, sur les lignes et les appareils téléphoniques. L'auteur résume quelques-unes des mesures faites dans cette étude. — MM. **Hemsalech** et **de Watteville** : *Sur les spectres de flamme.* M. de Watteville rappelle le résultat de ses recherches antérieures sur les spectres de flamme produits par la méthode du pulvérisateur de M. Gouy. Ces spectres sont les plus riches en raies que l'on connaisse et s'étendent fort loin dans l'ultra-violet. M. de Watteville a cherché de ce fait des explications thermiques et chimiques. Il semble qu'avec l'emploi du pulvérisateur, la matière étudiée, mêlée d'avance aux gaz combustibles, doive subir des transformations plus complètes que lorsqu'elle est simplement introduite dans la flamme toute formée. C'est ce qui paraît résulter d'une expérience de M. de Watteville, qui fait bien voir les différences qui existent entre les diverses parties de la flamme au point de vue de l'émission des raies. MM. Hemsalech et de Watteville ont institué une nouvelle méthode de production des spectres de flamme qui, tout en possédant l'avantage précité de l'appareil de M. Gouy, a celui de n'utiliser que de fort petites quantités des matières rares et de permettre l'emploi de gaz tels que l'hydrogène et l'oxygène. Ce procédé consiste essentiellement à faire passer l'air ou le gaz qui doit alimenter la flamme du brûleur dans un ballon au centre duquel éclate un arc ou une étincelle entre des fragments de la substance à examiner. On obtient ainsi des spectres infiniment voisins de ceux que donne la méthode du pulvérisateur. Les auteurs ont fait diverses expériences pour se rendre compte de l'état de la matière ainsi arrachée aux électrodes par l'arc ou l'étincelle, et transportée dans la flamme. En insufflant l'air sortant du ballon, où brûle un arc entre des tiges de cuivre, ils ont vérifié que les spectres d'arc ou d'étincelle du fer se superposent dans leur entier à celui du cuivre. Si l'on filtre sur du coton de verre cet air émané du ballon, on voit le spectre continu donné par la flamme s'atténuer beaucoup, tandis que l'intensité des raies est peu affectée. Enfin, l'emploi de leur nouvelle méthode a permis à MM. Hemsalech et de Watteville de faire passer dans la flamme du chalumeau oxhydrique la substance à étudier, mêlée directement aux gaz constituants. Ils ont obtenu ainsi des spectres qui présentent des différences avec ceux qui sont donnés par les méthodes précédentes. Ils ont pu aussi observer que la flamme produite par de l'hydrogène seul, qui a passé dans un ballon où se trouve un arc ou une étincelle, donne quelques raies très rares et très faibles seulement, tandis que l'addition d'oxygène au gaz précédent suffit pour que le spectre du corps essayé se produise très brillant.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 14 Février 1908.

M. l'abbé **Hamonet** rappelle, à l'occasion d'un récent travail de M. Reychler sur la préparation des éthers-oxydes gras et aromatiques (*Bull. Soc. Chim.* (4), t. II, p. 1198), qu'il a déjà publié en 1904 (*C. R.*, 1904, n° du 28 mars, et *Bull. Soc. Chim.* (3), t. XXXIII, p. 526) une partie des faits qui sont consignés dans le mémoire de M. Reychler. — MM. **G. Bertrand** et **M. Rosenblatt** déposent un mémoire intitulé : Sur la façon dont se comporte la tyrosinase avec la tyrosine racémique (voir p. 204). — M. **E. Rengade** présente un modèle d'obus calorimétrique qui lui a permis de déterminer les chaleurs de dissolution dans l'eau des métaux alcalins Na, K, Rb, Cs, et, par suite, en les comparant avec les chaleurs de dissolution des protoxydes anhydres, qu'il a mesurées d'autre part, de calculer les chaleurs de formation de ces quatre protoxydes. — M. **M. Guerbet** montre que les oxy-acides ayant un oxhydryle en position α donnent des composés aldéhydiques, avec perte d'anhydride carbonique, lorsqu'on fait bouillir la solution aqueuse de leurs sels mercuriques. L'acide lactique donne ainsi l'éthanal, l'acide glycolique, le méthanal, l'acide tartrique, le glyoxal, l'acide gluconique, l'arabinose gauche. Ce dernier composé s'obtient par cette réaction avec un assez bon rendement. — M. **Ronchèse** propose, pour le dosage de l'ammoniaque dans les eaux, le procédé qu'il a précédemment indiqué, basé sur l'action du formol sur les sels ammoniacaux. L'eau est concentrée par évaporation, et l'on suit la technique déjà indiquée en se servant de soude $n/100$. Cette méthode est sensible à 0 milligr. 02 environ. — MM. **H. Cousin** et **H. Hérissey** ont étudié un procédé de préparation du dithymol consistant à faire agir sur une solution aqueuse de thymol du perchlorure de fer dilué. Les rendements sont meilleurs que dans les méthodes employées jusqu'ici et les opérations sont plus simples. L'action du brome sur le dithymol leur a donné un dithymol dibromé et la quinone correspondante. — M. **E. Berger** a préparé l'oxybromure de phosphore par action du pentabromure sur l'anhydride phosphorique. Il en a déterminé la densité de vapeur et la chaleur de formation.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 30 Novembre 1907.

M. **W. J. Sollas** : *Sur les caractères craniens et faciaux de la race de Neandertal.* Une comparaison détaillée du calvarium de la race de Neandertal avec celui des aborigènes du Sud-Australien a montré qu'une ressemblance beaucoup plus étroite qu'on ne l'avait supposée existe entre eux, spécialement en ce qui concerne la hauteur de la calotte, l'indice de la calotte, l'angle de Schwalbe (« bregma »), l'indice du bregma, l'angle frontal et l'angle orbito-frontal, les angles inion supérieur (« lambda ») et inférieur, et l'indice fronto-pariétal. Les principales différences se trouvent dans la valeur de l'indice céphalique, la continuité du torus frontal et le caractère profondément imprimé de la fosse frontale. Les comparaisons basées sur la ligne glabella-inion sont trompeuses, à cause de l'inconstance de position de l'inion. En l'absence d'un point fixe dans le crâne, le centre de figure de la section médiane longitudinale a été choisi comme point de référence, et un rayon tiré de celui-ci au basion a été pris comme ligne initiale pour la mesure des coordonnées polaires. L'angle extérieur foramino-basal doit ses anomalies troublantes au fait que sa grandeur est déterminée par cinq variables indépendantes, dont l'une est reliée à la hauteur cranienne, de sorte que, dans les formes de crâne déprimé, il acquiert une valeur supérieure à celle à laquelle on pourrait s'attendre. Le crâne de Gibraltar, conservé au Collège royal des Chirurgiens, est le seul exemple de la race de Neandertal qui présente les os de la face et l'axe basi-cranial en un rapport normal avec le calvarium. Ses caractères, à part la voûte cranienne, sont uniques ; aucun autre crâne connu ne possède une si longue face, une ouverture nasale aussi grande et large ou des membranes nasales aussi saillantes. De profil, la courbe nasale se termine dans celle de la glabelle, sans aucun changement soudain de courbure ; en somme, il n'y a pas de brèche nasale, comme en possèdent les Australiens. L'orbite, comme dans tous les crânes de la race de Neandertal, se distingue par sa hauteur excessive au-dessus d'une ligne tirée du nasion au milieu de la suture fronto-zygomatique; dans le crâne d'un Sud-Australien inférieur, cette hauteur s'élève à 8-10 millimètres; dans le crâne de Gibraltar, à 12-14 millimètres; et dans la

Digitized by Google

calotte de Neandertal, à 19-20 millimètres. Un autre caractère des orbites est l'absence d'un bord inférieur bien défini. L'absence d'une fosse canine a été notée par Huxley. En l'absence du prosphenion et de l'éphippium, l'ange sphénethmoïdal a été mesuré du limbe sphénoïdal par une ligne tirée jusqu'au crista galli, d'une part, et, jusqu'au basion, de l'autre; il dépasse de 16°30 l'angle correspondant du crâne du Sud-Australien le plus inférieur connu, mesuré de la même façon. Le palais est à côtés parallèles et très dolichouranique. L'épaisseur de l'os frontal, mesurée d'un côté du crista galli, est de 24 millimètres. Le prognathisme de la mâchoire supérieure, de quelque façon qu'il soit mesuré, est extrêmement faible, de sorte que, d'après la nomenclature existante, le crâne serait bien classé comme orthognathe. La capacité cranienne est estimée à 1.250 centimètres cubes, et se rapproche ainsi de celle de la calotte de Neandertal. La capacité moyenne des crânes sud-australiens est presque identique, mais varie de 1.460 à 1.100 centimètres cubes. Si la calotte du *Pithecanthropus* représente la moyenne d'une race variant d'une façon analogue, alors les formes extrêmes d'une telle race feraient presque complètement le pont sur le hiatus qui sépare l'homme des singes supérieurs. — **M. C. C. Hurst** présente ses *recherches sur l'hérédité de la couleur de l'œil chez l'homme*. L'examen de la couleur de l'œil chez un certain nombre de parents et leurs enfants dans un village du Leicestershire montre qu'il y a au moins deux types discontinus d'iris chez l'homme : 1° Le type duplex, avec pigments à la fois postérieur et antérieur, comme dans les yeux bruns ordinaires; 2° Le type simplex, avec pigment postérieur seulement, le pigment antérieur étant absent, comme dans les yeux bleu clair. Dans l'hérédité, le type simplex se comporte comme un caractère récessif mendélien par rapport au type duplex, qui est dominant. Les caractères unitaires en rapport sont évidemment la présence et l'absence de pigment antérieur sur une base de pigment postérieur, la présence étant dominante. Les types duplex et simplex peuvent être distingués à tout âge. Des variations de pigmentation et de structure, dont l'extension n'est pas connue, ont lieu dans l'iris durant l'enfance et la jeunesse. Peu de familles, avec parents et descendants vivants tous adultes, se trouvent dans un village; il n'a donc pas été possible de déterminer les relations génétiques entre les diverses teintes du type duplex. — **M. A. D. Darbishire** communique le *résultat du croisement des pois ronds avec les pois ridés, spécialement au point de vue de leurs grains d'amidon*. 1° Quoique le caractère rond soit dominant sur le caractère ridé chez les pois, le grain d'amidon de la génération F_1 (grain rond ou *r*) est un intermédiaire entre le type de grain du pois rond (grain en forme de pomme de terre ou *p*) et le type du grain du pois ridé (grain composé ou *c*) par rapport à trois caractères : *a*) Il est intermédiaire dans la forme, mesurée par l'indice longueur-largeur (celui du grain *p* étant 66, celui du grain *c* 92 et celui du grain *r* 85); *b*) il est intermédiaire dans la distribution de la compositivité, quelques-uns des grains *r* étant composés et d'autres simples; *c*) il est intermédiaire dans le degré de la compositivité, car, parmi les grains *r* qui sont composés, le nombre usuel des pièces composantes est de trois, tandis que dans les grains *c* il est de six; 2° Dans une génération subséquente, — F_2, — les pois ronds homozygotes contiennent des grains *p*; les poids ronds hétérozygotes contiennent des grains *r* ou intermédiaires. Mais les grains *r* et intermédiaires peuvent être associés tous deux avec un degré faible ou élevé de compositivité; 3° Des grains *p* se présentent occasionnellement dans les pois ridés de F_2, et l'existence de ces grains dans les pois ridés tend à les rendre moins ridés; 4° Un pois ridé absorbe plus d'eau quand il germe qu'un pois rond. L'hybride entre un pois rond et un pois ridé est intermédiaire entre ses parents quant à ce caractère; 5° Mais cette position intermédiaire de l'hybride au point de vue de la capacité d'absorption n'est pas causée par le caractère intermédiaire du grain d'amidon de l'hybride, car, dans F_2, les pois contenant des grains *r* et les pois contenant des grains *p* ont tous deux la même capacité d'absorption que les pois F_1; 6° En résumé, quand on croise un pois rond avec un pois ridé, on se trouve en présence de quatre caractères héritables séparément : *a*) la forme du pois, ronde ou ridée; *b*) la capacité d'absorption du pois, faible ou élevée; *c*) la forme du grain d'amidon, longue ou ronde; *d*) la constitution du grain d'amidon, simple ou composé.

Séance du 30 Novembre 1907.

Séance anniversaire annuelle. La Société procède au renouvellement de son Bureau, qui est composé comme suit :

Président : Lord **Rayleigh**;
Trésorier : M. **A. B. Kempe**;
Secrétaires : M. **J. Larmor** et Sir **A. Geikie**;
Secrétaire pour l'Etranger : M. **J. R. Bradford**.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 14 Février 1908.

Séance anniversaire annuelle. La Société procède au renouvellement de son bureau. Sont élus :

Président : M. **C. Chree**;
Vice-Présidents : MM. **W. Duddell, H. M. Elder, J. A. Ewing** et **W. Watson**;
Secrétaires : MM. **W. R. Cooper** et **W. Cassie**;
Secrétaire pour l'étranger : M. **S. P. Thompson**;
Trésorier : M. **H. L. Callendar**;
Bibliothécaire : M. **W. Watson**.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 6 Février 1908.

MM. **O. Silberrad** et **H. A. Phillips** ont repris la préparation d'un grand nombre de picrates métalliques et déterminé leur formule et leur eau de cristallisation. — MM. **H. Hartley, N. G. Thomas** et **P. Applebey** ont mesuré la densité, la viscosité et la tension superficielle de mélanges de pyridine et d'eau à 25° et à 0°; les courbes obtenues présentent toutes un maximum de déviation de la ligne qui joint les valeurs extrêmes au voisinage de 30 mol. °/₀ de pyridine. La conductibilité moléculaire du nitrate de lithium dissous dans les mélanges de pyridine et eau présente des variations avec la composition du solvant, attribuables à des modifications : 1° du coefficient d'ionisation; 2° de la fluidité de la solution; 3° de l'agrégation des particules de solvant autour des ions. — M. **F. Tutin** montre que les conclusions de Semmler sur la constitution de l'umbellulone sont erronées, car elles se basent sur ses expériences sur une soi-disant β-dihydro-umbellulone qui est en réalité un mélange de deux cétones, une saturée et une non saturée. — M. **F. G. Pope** a observé que les composés de nitrohydroxyazométhine ont un spectre d'absorption très différent de leurs sels alcalins quand les groupes AzO^2 et OH sont en para par rapport au groupe azométhine. Il en déduit que le composé hydroxylique est représenté par $HO.C^6H^4.Az:CH.C^6H^4.AzO^2$, et que les sels alcalins sont des bases diquinonoïdes $O:C^6H^4:Az.CH:C^6H^4:AzO^2K$. — MM. **Al. Mc Kenzie** et **H. Wren** ont préparé, au moyen de la *l*-mandélamide et de C^6H^5MgBr, la *l*-benzoïne, F. 131°-132°,5; $[\alpha]_D = -118°,6$. — MM. **R. Robinson** et **F. S. Kipping** ont préparé la benzyl-éthylsilicone $(C^6H^5)(C^6H^5.CH^2)SiO$, Eb. 305°-315° sous 22 mm., et son acide sulfonique; le dibenzyléthylsilicol, qui se transforme immédiatement en oxyde de dibenzyléthylsilicyle $[(C^6H^5.CH^2)^2(C^6H^5)Si]^2O$, F. 54°; le dichlorure de dibenzylsilicone $(C^6H^5.CH^2)^2SiCl^2$, F. 50-52°. — M. **A. Clayton** a constaté que les coumarines et les thiocoumarines se combinent avec $HgCl^2$ pour former des composés du type $R.HgCl^2$. — MM. **H. M. Dawson** et **C. G. Jackson**

Digitized by Google

ont étudié l'influence de substances étrangères sur la température de transformation de certaines substances, par exemple la conversion du pentahydrate de thiosulfate de Na en dihydrate à 48°,1. La dépression de la température de transformation permet de calculer les poids moléculaires des substances dissoutes. — Mlle **A. E. Smith** et **M. K. J. P. Orton** ont cherché sans succès à préparer les dérivés mono- et dibromés de la *p*-hydroxydiphénylamine, celle-ci étant aussitôt oxydée en quinonanile; ils n'ont pu obtenir que des dérivés tri- à octobromés. — **M. W. M. Hooton**, en chauffant le bichromate d'ammonium lentement dans l'air à 190° jusqu'à poids constant, a obtenu comme résidu du bioxyde de chrome hydraté $2\,CrO^2.H^2O$. Dans le vide, le produit final a la composition $H^2Cr^2O^4$; il présente une vive incandescence à 400°. — **MM. H. O. Jones** et **J. R. Hill** ont résolu une série de cinq composés optiquement actifs de l'azote (contenant chacun les groupes *p*-bromophényle, méthyle et allyle avec un des groupes éthyle, *n*-propyle, isopropyle, *n*-butyle, isobutyle) et déterminé le pouvoir rotatoire des ions basiques; c'est le composé isopropylique qui présente le pouvoir rotatoire maximum. — **M. Al. Ch. Cumming** montre que la formule $ZrO^2.SiO^2$ correspond mieux à la composition observée de la malacone que la formule $3ZrO^2.2SiO^2$ de Kitchin et Winterson. La présence d'argon s'explique par celle du radium. — **M. R. E. Slade** a isolé le magnésium métallique provenant de la réduction de l'oxyde par le carbone au-dessus de 1700° en soustrayant le métal à l'action du CO produit, qui le réoxyderait à température plus basse. — **M. F. M. Jaeger** a déterminé les formes cristallines des dérivés halogénés d'hydrocarbures à chaîne ouverte; les formes observées s'accordent avec les résultats de la théorie de la structure de Barlow-Pope. — **M. F. E. E. Lamplough** a poursuivi ses recherches sur la détermination de la vitesse des changements chimiques par la mesure des gaz dégagés. — Mlle **F. Isaac** a déterminé, par la mesure de l'indice de réfraction, la courbe de supersolubilité d'un mélange de trois constituants : nitrate de soude, nitrate de plomb et eau. Lorsque la température du liquide diminue, l'indice de réfraction s'élève jusqu'à un maximum. Quelques cristaux apparaissent dans la solution avant que l'indice maximum soit atteint, puis au point maximum la cristallisation spontanée se produit. — **MM. G. G. Henderson** et **I. M. Heilbron**, partant de l'acide $C^9H^{15}CO^2H$ obtenu avec le pinène, ont préparé l'acide bromé $C^9H^{14}Br.CO^2H$ et hydroxylé $C^9H^{14}(OH).CO^2H$. — **M. A. N. Meldrum**, en mélangeant l'acétone avec l'acide malonique en présence d'anhydride acétique et d'un peu d'acide sulfurique, a obtenu la β-lactone de l'acide β-hydroxyisopropyl-malonique, F. 97°.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 13 Novembre 1907.

MM. G. D. Bengough et **O. F. Hudson** présentent leurs *recherches sur le traitement thermique des alliages cuivre-zinc, en particulier du métal Muntz.* La trempe tend à rendre la structure plus grossière, et ainsi à affaiblir le métal; mais elle le rend aussi plus ductile. Le chauffage élevé, en empêchant la croissance des cristaux et donnant une fine structure, agit dans une direction opposée et augmente la résistance. Le traitement calorifique a un autre effet spécial; le métal se compose normalement de deux constituants, α et β, qui sont des solutions solides de Zn dans Cu de concentration différente. En chauffant, α se dissout dans β peu à peu, de sorte qu'à 720° il n'y a plus que β; si l'on refroidit lentement, la transformation inverse a lieu; mais, si l'on refroidit instantanément, l'alliage présente finalement les proportions de α et β qu'il possédait à la température de trempe, et celles-ci déterminent ses propriétés mécaniques.

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 Décembre 1907.

MM. F. Watts et **H. A. Tempany** déduisent de leurs recherches sur la *détermination polarimétrique du sucrose* que des quantités excessives d'acétate de plomb basique exercent un effet appréciable sur l'activité optique et le pouvoir réducteur des solutions de sucre inverti; mais, quand on évite un excès, ce qui est facile dans la pratique analytique, la clarification par l'acétate basique de plomb anhydre sec ne cause aucune erreur appréciable.

Séance du 6 Janvier 1908.

M. H. W. Rowell recommande, pour le *dosage de petites quantités de bismuth*, d'éloigner d'abord la plus grande partie des éléments étrangers, puis de précipiter le bismuth à l'état d'oxychlorure, de dissoudre le précipité dans l'acide sulfurique et de doser colorimétriquement par l'iodure de potassium.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 6 Décembre 1907.

M. F. W. Skirrow propose une *méthode de détermination du phénol dans les liqueurs d'usines à gaz.* Le phénol est distillé avec de l'eau, puis converti en triiodophénol au moyen d'un excès d'iode, qui est titré en retour par le thiosulfate. Il faut préalablement débarrasser la liqueur de H^2S, des sulfures, de HCAz et des cyanures; en évaporant, la liqueur doit rester fortement alcaline. L'auteur a déterminé par sa méthode la quantité de phénol aux divers points des appareils de purification du gaz d'éclairage.

Séance du 10 Janvier 1908.

M. J. Hubner indique le réactif suivant pour caractériser le coton mercerisé : 15 à 20 gouttes de solution d'iodure de potassium ioduré sont ajoutées à 100 centimètres cubes d'une solution contenant 46 gr. 7 d'$AlCl^3$. Le coton mercerisé trempé dans cette solution devient couleur chocolat brun sombre après une heure d'immersion, tandis que le coton non mercerisé reste pratiquement blanc.

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 28 Novembre 1907.

MM. E. E. Page et **W. J. Rees** montrent que la détermination de la valeur des argiles réfractaires doit se baser sur les résultats des essais suivants : analyse chimique, analyse minéralogique, analyse mécanique, densité de l'argile cuite, porosité, limite de réfractairité, façon de se comporter à la cuisson par intervalles.

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 29 Novembre 1907.

M. H. Dunlop a déterminé les constantes d'un certain nombre d'échantillons d'huile de sperme et de spermaceti de diverses provenances.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 23 Janvier 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Kohn** déduit quelques propriétés nouvelles de la surface générale de troisième ordre au moyen de certaines correspondances (1 : 1) qui sont données d'une manière covariante dans les courbes de sections planes de la surface. — **M. A. Denizot** : Sur les rapports de réduction axonométriques. L'auteur donne une nouvelle solution du problème de la détermination de la longueur *q* en utilisant le triangle des traces.

2° Sciences physiques. — **M. F. M. Exner** a observé

Digitized by Google

des variations particulières de la température, à période diurne, sur le lac Wolfgang. Elles se font sentir avec le plus d'intensité à 7 mètres de profondeur, où elles atteignent 3°8; à 12 mètres, la variation est encore de 2° et à 21 mètres de 1°1. Elles ne s'expliquent pas par l'influence directe du rayonnement solaire et pourraient être attribuées à des seiches de profondeur. — **M.W. Schmidt** a calculé la portion réfléchie du rayonnement solaire à la surface de l'eau par la formule de Fresnel et l'a mesurée expérimentalement au moyen du pyrhéliomètre d'Angström. En appliquant les résultats à l'ensemble de la Terre, dont la plus grande partie de la surface est couverte d'eau, on constate que plus de 21 °/₀ de la chaleur rayonnée par le Soleil est perdue par réflexion. — **MM.H. Schrœtter, R. Weitzenböck** et **R. Witt**, par action de H^2SO^4 et d'un peu de Hg sur la cholestérine ou l'acide cholatique, et traitement ultérieur par $HAzO^3$, ont obtenu, entre autres produits, un acide $C^6H^6O^7$, l'acide rhizocholatique, F. 230°, tribasique, qui est probablement un acide cyclopentadiène-oxytricarbonique.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Siebenrock** signale un nouveau caractère distinctif du genre *Cinixys* Bell : sur le côté inférieur de la 2e et de la 3e paires marginales est inséré un écusson corné plus ou moins triangulaire, qui s'appuie latéralement à l'axillaire supérieur et atteint médianement l'angle extérieur de la 1re paire marginale. — **M. F. Hochstetter** : Contribution à l'histoire du développement de la tortue de marais européenne (*Emys lutaria*). — **M. W. Himmelbaur** a mis en évidence l'occlusion du micropyle chez le *Larix decidua*. — **M. K. F. Schwaighofer** montre que les *Zahlbrucknera* ne constituent pas un genre propre, mais doivent être rattachés au genre *Saxifraga*, section des *Cymbalaria*.

Séance du 6 Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Pick** établit l'équation différentielle hypergéométrique sous forme homogène, covariante par rapport aux périodes de premier genre des fonctions elliptiques qui en dépendent. — **M. W. Schmidt**, en plaçant dans un vase deux liquides de densité différente, a pu faire naître à leur surface de séparation des ondes stationnaires analogues aux seiches à la surface des lacs. La durée d'oscillation établie par le calcul est confirmée par l'expérience. — **M. F. Hasenohrl** poursuit ses recherches sur la Thermodynamique des systèmes mobiles et arrive à exprimer les grandeurs d'état d'un corps en mouvement en fonction des valeurs qu'il possède à l'état de repos. — **M. K. Hillebrand** applique la méthode de l'intégration numérique au problème des deux corps et montre qu'elle fournit un moyen très commode de parvenir assez rapidement à la connaissance de la coordination héliocentrique d'un corps céleste. — **M. E. Weiss** présente ses recherches sur les trajectoires des comètes 1907 II et 1742, et arrive à la conclusion qu'elles sont représentables toutes deux par une ellipse de cent soixante-cinq ans de révolution. On se trouverait donc en présence du même corps céleste.

2° Sciences physiques. — **M. E. Lecher**, en chauffant des fils métalliques par un courant électrique, a utilisé la chaleur Joule dégagée à la détermination directe de la chaleur spécifique du métal. Il a employé cette méthode pour le nickel entre 0° et 600° et le fer entre 0° et 1000°. — **MM. R. Fanto** et **M. Stritar** poursuivent l'exposé de leur théorie des processus de saponification. — **MM. Zd. H. Shraup** et **E. von Haardt-Stremayr** montrent que la plus grande quantité (plus des 2/3) de l'azote amidique des protéines apparaît après une très courte hydrolyse avec HCl à 20 ou 40 °/₀; elle se dégage donc dans la réaction qui transforme les protéines en albumoses. — **MM. J. Herzig** et **J. Polak** ont vérifié la formule de constitution donnée par Graebe pour l'acide ellagique. — **MM. J. Herzig** et **R. Tscherne** déduisent des rapports établis par eux entre la résoflavine et l'acide ellagique que la résoflavine est un trioxydérivé du biphénylbiméthylolide. Le produit d'oxydation de l'acide gallique par le persulfate doit être considéré comme un dérivé hydroxylé de l'acide ellagique, probablement identique à l'acide flavellagique de Perkin. — **M. J. Herzig** précise les conditions dans lesquelles ont peut distinguer sans erreur les groupes méthoxyle et méthylimide en analyse. — **MM. A. Kreidl** et **A. Neumann** ont constaté qu'a l'ultramicroscope le lait de femme et les laits d'animaux se distinguent très nettement. Dans les laits d'animaux, on observe, dans les espaces plasmatiques qui séparent les gouttelettes graisseuses, une quantité d'ultra-particules très fines, animées d'un vif mouvement, que les auteurs nomment *lactoconies*. Dans le lait de femme, ces particules font complètement défaut du premier jour après la naissance jusqu'au sixième mois. Ces fines particules paraissent être de nature albuminoïde.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Steindachner** décrit une nouvelle espèce de *Pseudochalceus*, le *P. affinis*, et un nouveau genre et espèce de Characinés, le *Joinvillea rosea*, trouvés sur le Rio Jaragua, à Joinville (Brésil). — **M. H. Molisch** décrit une nouvelle méthode de culture forcée des plantes par l'emploi du bain-marie. Si l'on plonge des rameaux ou des troncs ligneux pourvus de racines, pendant leur période de repos, dans l'eau à 30°-40°, durant neuf à douze heures, puisqu'on les cultive à une température modérée, la pousse des bourgeons est fortement accélérée. L'auteur estime cette méthode bien supérieure au procédé à l'éther.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Janvier 1908.

1° Sciences mathématiques. — **MM. F. Enriques** et **E. Severi** transmettent une note dans laquelle ils s'occupent des surfaces hyperelliptiques irrégulières, et donnent un théorème qui permet de caractériser, à l'aide des valeurs des genres et plurigenres, les surfaces hyperelliptiques irrégulières de rang $r \geqslant 1$. — **M. G. Scorza** : Sur les variétés à sections elliptiques courbés.

2° Sciences physiques. — **M. A. Batelli** répond à quelques observations de **M. Sommerfeld** sur les résultats théoriques déjà publiés par lui sur la résistance électrique des solénoïdes pour des courants à haute fréquence. — **M. L. de Marchi** étudie la formation des marées et en examine la cause, les anomalies, les vitesses, etc.; il présente une hypothèse qui expliquerait toutes les particularités de la formation et de la propagation de la marée dans la Méditerranée, et en particulier dans l'Adriatique, en tenant compte de la morphologie des lieux. — **MM. I. et L. Bellucci** présentent les résultats de quelques recherches qui pourront éclaircir la question de la position du nickel dans le système périodique des éléments; ces recherches concernent les composés sulfuriques du nickel et du cobalt, et confirmeraient la position du premier corps, après le cobalt et avant le cuivre. — **M. L. Mascarelli** ajoute d'autres considérations à ses précédents travaux sur les équilibres dans les systèmes ternaires, et s'occupe des produits d'addition entre nitrodérivés aromatiques et chlorures mercuriques. — **MM. L. Francesconi** et **G. Gusmano** étudient la relation entre l'hydroxylamine libre et le santonine. — **M. I. Compagno** s'occupe de la constitution des composés halogénés de la 3-oxy-γ-pyrone.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Millosevich** décrit les nouvelles expériences qu'il a faites pour établir les conditions de formation des deux carbonates basiques si fréquents dans la Nature : l'azurite et la malachite; on sait que, si la malachite se présente quelquefois comme un dérivé de l'azurite, le plus souvent la malachite a une formation simultanée et même antérieure à celle de l'azurite. M. Millosevich décrit les conditions expérimentales qui favorisent la formation de l'un ou de l'autre des deux minéraux. Ernesto Mancini.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Décembre 1907.

1° Sciences mathématiques. — **M. P. H. Schoute** : *Sur la section du polytope de mesure M_n de l'espace à n dimensions E_n par l'espace central E_{n-1} normal à une diagonale.* 1. La projection de M_n sur une diagonale. 2. La projection de M_n sur un plan contenant deux arêtes parallèles. 3. Explication du rapport intime entre la section considérée et des simplexes réguliers et régulièrement tronqués. — Ensuite **M. Schoute** présente au nom de **Mme A. Boole Stott** et en son propre nom : *Cinq couples de cellules quadridimensionales dérivées de la même source.* Première partie : Les auteurs considèrent les six cellules régulières C_5, C_8, C_{16}, C_{24}, C_{120}, C_{600} de l'espace E_4 et en déduisent des couples de cellules nouvelles. La première cellule de chaque couple, dont les points milieux K_0 des arêtes de la cellule régulière sont les sommets, est engendrée par une troncature régulière de la cellule régulière aux sommets étendue jusqu'aux points milieux K_0; la seconde est la forme polaire réciproque de la première par rapport à l'hypersphère des points K_0. Comme la cellule régulière C_{16} fait retrouver la cellule régulière C_{24}, on ne trouve que cinq couples de cellules nouvelles. Dans cette première partie, les nombres caractéristiques (des sommets, des arêtes, des faces et des corps limitants) des deux cellules nouvelles sont exprimés d'une manière générale dans les nombres caractéristiques des cellules régulières. — **M. D. J. Korteweg** présente au nom de **M. J. A. Barrau** : *L'analogue de la configuration de Kummer dans l'espace à sept dimensions.* Dans une communication antérieure, l'auteur a développé une méthode pour la génération de configurations dans les espaces à $2^p - 1$ dimensions, qui peuvent être considérées comme des généralisations de la configuration de Kummer, configurations déduites d'une tout autre manière par M. W. Wirtinger en 1889. Ici il étudie la configuration de l'espace E_7, surtout par rapport aux configurations qu'on obtient en supprimant des catégories déterminées d'éléments de cette configuration.

2° Sciences physiques. — **M. P. Zeeman** : *Expérience sur la décomposition magnétique des raies spectrales d'après la méthode de MM. Fabry et Perot.* La méthode d'interférence de lames parallèles, argentées chacune sur une de leurs faces, dont se sont servis MM. Fabry et Perot avec tant de sagacité, excelle sur tous les autres procédés spectroscopiques par la précision avec laquelle elle peut satisfaire aux conditions théoriques fondamentales. Ce qu'elle exige en premier lieu de l'expérimentateur, c'est qu'il prenne soin que les deux lames argentées soient parfaitement parallèles. Pour vérifier d'une manière indépendante quelques résultats communiqués dans la séance précédente (*Rev. génér. des Sciences*, t. XVIII, p. 1032) et étendre ces résultats à des champs faibles, M. Zeeman s'est emparé de la méthode sensible des interférences. Quoiqu'il ne croie pas que des irrégularités du réseau de Rowland entrent pour quelque chose dans la décomposition asymétrique, décrite par lui, il y a cependant dans cette direction une petite marge laissée au doute. Dans cette communication, la méthode de Fabry et Perot est appliquée pour la première fois à la décomposition de raies spectrales. Quelquefois, on trouve dans la littérature des indications visant à l'impossibilité de l'emploi de cette méthode dans ce but, vu la grande perte de lumière que comporte la disposition de l'appareil. Heureusement les résultats des expériences montrent que cette difficulté n'est pas insurmontable. Des deux formes de l'appareil, M. Zeeman a choisi celle qui est appelée étalon, où la distance des lames argentées est constante. Ces lames sont pressées contre des pièces en acier poli à l'aide de ressorts exerçant une force réglable au moyen de vis de butée; le réglage du parallélisme des lames est déjà rendu presque parfait par l'usure systématique des pièces d'acier. Une planche fait connaître le résultat de deux expériences sur les deux raies jaunes du mercure, la première prise avec une fente large, la seconde avec une fente étroite. Le numéro d'ordre de Hg 5791 à 16° est 17.266 au centre. — **M. H. Kamerlingh Onnes** : *Isothermes de gaz monoatomiques et de leurs mélanges binaires.* I. Isothermes de l'hélium entre +100° et —217°. 1. Introduction. 2. Aperçu des expériences. 3. Résultats pour pv_A. 4. Coefficients viriels individuels. 5. Détermination de la température critique de l'hélium. — Ensuite **M. Onnes** présente : *La mesure de températures très basses.* XIX. Déduction du coefficient de tension de l'hélium pour le thermomètre international à hélium et réduction des lectures de ce thermomètre à l'échelle absolue. 1. Coefficients de tension de l'hélium. 2. Détermination par d'autres expérimentateurs (MM. Travers, Senter et Jacquerod). — **M. A. F. N. Franchimont** présente au nom de **M. F. M. Jaeger** : *Sur la question de la miscibilité et de l'analogie quant à la forme entre les composés aromatiques nitro et nitroso.* Il s'agit principalement des propriétés cristallographiques de $C_6H_4(AzO_2)_{(2)}.Az_{(1)}H.COCH_3$ (point de fusion à 87 1/2°) et $C_6H_4(AzO)_{(2)}.Az_{(1)}H.COCH_3$ (point de fusion à 108°). — **M. J. P. van der Stok** présente au nom de **M. W. van Bemmelen** : *Enregistrement de courants terrestres pour l'étude du rapport entre le courant terrestre et la force du magnétisme terrestre.* Exposition critique des résultats déduits par l'auteur de ses observations quotidiennes durant trois années, faites sur les lignes de Batavia à Anjer, Buitenzorg, Soukaboumi, Billiton, Pourwakarta, Cheribon, Semarang, Sourabaia et Macasser. L'auteur s'occupe successivement de la variation diurne, de l'inégalité annuelle dans l'oscillation diurne, de la variation de courte durée, de la différence de phase (le courant terrestre avance), du rapport des amplitudes, de la confiance que méritent les résultats, de l'influence de la matière du fil de conduction, de l'influence du courant de polarisation, du rapport entre courant terrestre et force magnétique.

3° Sciences naturelles. — **M. C. E. A. Wichmann** présente au nom de **M. G. Schmutzer** : *Sur les expressions « Schalie », « Lei » et « Schist ».* Lei = Schiefer (ardoise), schalie = shale (écaille), schiste. — **M. L. Bolk** présente au nom de **Mlle Cl. Polak** (pour les Mémoires de l'Académie) : « Die Anatomie des Genus *Colobus* (L'anatomie du genre *Colobus*). Sont nommés rapporteurs M. J. W. van Wyhe et M. Weber. — **M. W. Einthoven** présente la thèse de **M. B. Vaandrager** : Verdere onderzoekingen over het Electrocardiogram (Nouvelle étude sur l'électrocardiogramme). — Rapport annuel de la Commission géologique. — Rapport de **M. Ph. van Harrevelt** sur ses recherches botaniques durant son séjour au Jardin botanique de Buitenzorg.

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 6 30 MARS 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

A propos de l'élection de M. H. Poincaré à l'Académie française. — On sait à quel point le culte des lettres contribue à nourrir, chez le savant, les facultés qu'il met au service de la science. Rarement, au contraire, on s'avise de remarquer l'influence que la science exerce : sur l'écrivain, en haussant et disciplinant sa pensée; sur la littérature, en l'alimentant de vérité.

Personne n'estime que Pasteur ait perdu son temps à aller entendre Sainte-Beuve, ni qu'un Henri Poincaré, lorsqu'il se délecte à la prose savoureuse d'un Anatole France, frustre d'un surcroît de découvertes les sciences qui lui sont chères.

On répète — et avec raison — que l'esprit est un, qu'il porte en toute étude les qualités développées ou acquises ailleurs. Et, cependant, cette vertu éducative qu'on attribue aux lettres, il semble que le plus souvent les littérateurs de métier la refusent à la science. Que la plupart d'entre eux ne reçoivent de l'état actuel de notre savoir sur le monde aucune inspiration, nous le leur concédons sans réticence, et même, si c'est là un hommage à l'originalité de leur génie, nous ne leur cacherons pas plus longtemps que cela se voit. A côté des humbles qui écrivent parce qu'ils pensent, il y a, sans doute, des virtuoses qui trouvent le moyen d'aligner des mots sans en être réduits à exprimer des idées. Ceux-ci déplorent que notre enseignement secondaire entreprenne de faire concourir les méthodes de la science à la formation de l'intellect. Ils pourraient citer cette fine observation de Montaigne : « Il y a des connaissances qui forgent l'esprit et d'autres qui le meublent. » Mais, à leurs yeux, seule la rhétorique possède le pouvoir de forger; la science demeure en dehors des « humanités »; dans une société policée, elle n'a d'autre excuse que l'utilité matérielle de ses applications.

Habilement déguisé ou ingénûment énoncé, tel est, au fond, le sentiment encore dominant à l'Académie française. Pour la majorité de ses membres et la plupart des bourgeois, les autres académies de l'Institut de France ne sont vraiment, auprès d'elle, que de la petite bière. Par bonheur, l'illustre Compagnie nous donne de temps en temps l'occasion d'apprécier ce qu'il peut y avoir de fondé dans son opinion. Tous les ans, elle veut bien sortir de son salon — le fameux salon — et se joindre un après-midi à ses petites sœurs. Dans cette réunion de famille, les cinq « classes », chacune par la voix d'un délégué, se font entendre. Or, il n'est pas rare que les petites cendrillons, l'Académie des Sciences et l'Académie des Inscriptions, éclipsent la grande dame. La sincérité de l'expression prime l'artifice du langage. Des vaudevillistes qui, pour avoir amusé le public d'un petit théâtre ou d'un cabaret, se considèrent comme grands dignitaires dans le monde des esprits, se voient damer le pion par des souillons de laboratoire. La forme qui brille de l'éclat de son contenu dénonce la misère de la perle creuse; les grâces de la vie l'emportent sur les vains ornements du cadavre; leur saine fraîcheur fait pâlir tous les fards et oripeaux de convention.

Ne l'avez-vous pas senti, chers lecteurs, chaque fois qu'il vous a été donné de trouver, dans cette *Revue*, une étude du savant que, jalouse de sa gloire, l'Académie française vient de s'incorporer ? Aucun de vous ne s'étonne qu'en toute science il ait rencontré le Beau en faisant resplendir le Vrai [1].

Ceux de ses nouveaux confrères qui l'ont élu savent comme vous qu'en tous les domaines où, depuis sa jeunesse, il a dirigé ses pas, — Algèbre supérieure, Géométrie transcendante; Analyse, Calcul des Probabilités, Mécanique céleste, Physique mathématique, Philosophie générale, — sa marche triomphale n'a cessé d'ouvrir de nouvelles avenues à l'intelligence de l'homme.

Nous n'essaierons pas de l'apprendre aux 16 gens de lettres qui ont voté pour ses concurrents. Respectueux de toutes les candeurs, nous nous garderons de les comparer aux jeunes polissons qui, sur le chemin de l'école, saluent gravement leurs petits camarades et ne se découvrent pas devant leur maître. Ils se repentiront peut-être quand ils seront grands. **Louis Olivier.**

[1] Nous avons le plaisir d'annoncer l'apparition prochaine, dans la *Revue*, d'un article de M. H. Poincaré sur la Dynamique de l'Electron.

Digitized by Google

§ 2. — Astronomie

L'eau dans l'atmosphère de Mars. — Nos lecteurs connaissent les discussions qui ont eu lieu, depuis vingt ans, entre les spectroscopistes spéciaux sur la présence ou l'absence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de Mars. Un progrès notable vient d'être réalisé dans cette investigation. A l'Observatoire Lowell, de Flagstaff (Etats-Unis), plusieurs spectrogrammes, obtenus par M. Slipher du 15 au 25 février dernier, montrent, à l'extrémité droite du spectre de Mars, la bande *a* plus forte dans le spectre de la planète que dans celui de la Lune. Altitude moyenne de Mars = 43°, de la Lune = 30°. L'exposition a été de 2 h. 55 pour Mars. « Ce résultat, écrit M. Lowell à M. Flammarion, nous donne le témoignage certain de la présence de l'eau dans l'atmosphère martienne. »

Les épreuves photographiques sont malheureusement trop faibles pour pouvoir être reproduites ici en impression typographique.

Parallélisme observé dans certaines formations à la surface de la Lune. — Tout récemment M. Tomkins, de la Royal Astronomical Society de Londres, attirait l'attention des astronomes anglais sur certaines particularités de la surface lunaire, bien apparentes sur les photographies de la Lune, mais que, d'après lui, les observateurs semblent avoir à peu près méconnues jusqu'ici.

D'après cet astronome, dans la région située au sud de la mer de la Sérénité en particulier, les principales crêtes de la chaîne de montagnes qui longe son bord austral sont toutes à peu près parallèles. C'est en examinant une reproduction d'une photographie obtenue par le Professeur Ritchey que M. Tomkins fut frappé par la ressemblance de la direction, donnant à l'ensemble de la gravure une très extraordinaire apparence de dérivation dans le sens de la diagonale. Toutefois, une ligne droite tracée le long de ces formations montre que le parallélisme n'est pas absolu, mais qu'il existe une tendance à la convergence vers l'extrémité nord.

D'autres formations de ce genre se retrouvent dans le voisinage des Alpes et juste au sud de Bond. Il y a là sept rides montagneuses à peu près parallèles, et il est à noter que la direction est la même que celle de la Vallée des Alpes, ainsi que d'une chaîne de collines dans la plaine à l'est de Burg. On en retrouve d'autres exemples dans la région qui entoure Ptolémée, où de nombreuses collines et vallées, toutes à peu près parallèles entre elles, recouvrent le district entier.

Quoi qu'en dise le savant anglais, cette constatation a déjà été faite à plusieurs reprises et depuis longtemps en France par MM. Lœwy et Puiseux, dans le texte du grand Atlas lunaire photographique exécuté à l'Observatoire de Paris.

Au mois d'octobre 1906, M. Puiseux, dans une très intéressante conférence à la Société astronomique à propos des formes polygonales sur la Lune, revenait sur la même question : « L'existence de sillons associés suivant deux directions bien définies, disait-il, est évidente aussi dans la région de Rheita, très éloignée du massif des Alpes. Nous avons ici une vallée gigantesque, digne rivale de celle des Alpes, qu'elle surpasse même en étendue. Elle est toutefois moins nette et moins bien conservée, car plusieurs cirques formés dans son voisinage en ont refoulé les bords. A chacune des deux directions ainsi déterminées, se rattache toute une série de traits parallèles, sillons ou crêtes, presque toujours interrompus à la rencontre des cirques. » Th. M.

§ 3. — Mécanique appliquée

A propos des oiseaux et de leurs ailes. — Trop souvent encore certains auteurs, pour expliquer le vol, invoquent volontiers une prétendue légèreté des oiseaux relativement à leur puissance, et ils insistent notamment sur la structure creuse des os ainsi que des plumes. D'aucuns vont même jusqu'à émettre la pensée que, peut-être, ces creux renferment de l'hydrogène (?) à la manière des aérostats, oubliant ainsi que, si l'oiseau n'était pas pesant, il ne saurait voler, car alors, tel qu'une bulle de savon, il deviendrait le jouet du moindre courant d'air.

Pour qu'un oiseau puisse dominer le vent, il faut, de toute nécessité, qu'il soit pesant.

En ce qui concerne les ailes battantes, tout autre est la raison de la légèreté extraordinaire des os et des plumes; en effet, pour manœuvrer ces ailes avec toute la vitesse requise, il est essentiel que l'inertie en soit réduite au minimum. Si cette condition n'était pas remplie, il serait impossible à l'oiseau de frapper l'air à grande vitesse dès le début d'un battement et d'arrêter assez vite ce battement pour opérer la prompte relevée des ailes.

Si celles-ci étaient tant soit peu pesantes, tout le travail musculaire serait perdu et ne servirait qu'à développer, puis à anéantir à chaque battement la force vive qui résulterait de la mise en mouvement de ces ailes pesantes.

Afin de s'en convaincre, il suffit de saisir par son extrémité une feuille de papier léger, mais résistant, puis une planche épaisse de mêmes dimensions, et d'essayer de battre l'air avec l'un ou l'autre de ces engins. On verra tout de suite que, si la feuille de papier fait éprouver au bras une assez forte résistance en frappant l'air, la planche n'en fait ressentir aucune et entraîne, au contraire, le bras bien au delà du point où l'on aurait voulu l'arrêter et la relever pour un battement nouveau. La force vive développée par la masse en mouvement a dépassé de beaucoup la résistance de l'air sous la planche. Ch. Weyher.

§ 4. — Physique

Le filtrage des particules ultra-microscopiques. — Les théories physiques et les hypothèses sur lesquelles elles se fondent sont regardées par la plupart des savants comme moyens de calcul et de représentation des faits expérimentaux plutôt que comme expressions de vérités absolues. La théorie atomique, la plus vieille de toutes, est considérée assez fréquemment sous ce jour. Un chimiste bohémien, M. Wald, vient de signaler la possibilité de représenter parfaitement l'ensemble des phénomènes physico-chimiques, sans recourir à des hypothèses qu'il dit risquées, et par le seul recours aux états physiques de la matière et de ses phases directement perceptibles.

L'existence réelle des particules dites ultimes de la matière, au moins des molécules, vient d'être prouvée par l'expérience. L'ultra-microscope inventé par MM. Siedentopf et Zsigmondi permet, en effet, d'observer visuellement des particules d'un diamètre ne dépassant pas 1 : 200.000e de millimètre, c'est-à-dire les dimensions attribuées par la théorie pure aux molécules les plus grosses. A l'aide de sources de lumière plus intenses que le soleil dans nos latitudes, les molécules réelles pourraient donc, si la théorie est exacte, être rendues visibles à l'ultra-microscopique.

Or, chose étrange, les particules observées au moyen de cet instrument possèdent vraiment les propriétés attribuées aux molécules par la théorie cinétique des gaz. M. Brown, botaniste anglais, observait dès 1828, dans les particules inertes très petites, vues au microscope, des mouvements vibratoires fort étranges, différant nettement des mouvements spontanés des organismes minuscules. Or, l'ultra-microscope révèle des phénomènes pareils aux mouvements browniens, mais d'une intensité bien plus grande en raison de la plus grande petitesse des particules. Les particules d'or minuscules d'une solution colloïdale exécutent, en effet, comme un essaim de moustiques, de véritables danses; elles vont et viennent rapidement, se heurtant

Digitized by Google

les unes les autres, pour subitement s'envoler en direction opposée. Bien que l'ultra-microscope ne permette pas d'observer des formes, et ne montre que des points lumineux, les dimensions des particules peuvent être estimées par la vitesse de leurs mouvements. De récentes recherches ont fait voir que la vitesse des particules les plus petites observées à l'ultra-microscope correspond parfaitement aux vitesses attribuées aux molécules par la théorie cinétique des gaz.

D'autre part, une découverte qui paraît susceptible de donner un essor très puissant aux recherches d'ultramocroscopie vient d'être faite par le Dr H. Bechhold[1], à Francfort-sur-Main, lequel s'occupait depuis quelque temps de préparer des filtres d'une densité suffisante pour séparer de leur dissolvant les substances dissoutes. Le papier à filtrer ordinaire suffit parfaitement pour retenir dans ses pores les troubles produits dans un liquide; les filtres-bougies (cylindres de Chamberland, de kieselgur, ardoise calcinée ou porcelaine non émaillée), permettent, dans le cas d'une pression suffisante, de retenir les bactéries renfermées dans l'eau; c'est pourquoi on les emploie à purifier l'eau potable ou à préparer des solutions stériles. Tout en retenant les micro-organismes (d'un diamètre de 1/2.000e à 1/200e de millimètre), ces filtres-bougies, même les plus parfaits, donnent passage aux particules de 1 : 33.000e de millimètre (30 μμ); c'est dire qu'ils comprennent des pores d'un diamètre supérieur à 1 : 33.000 et inférieur à 1 : 200e de millimètre. Or, M. Bechhold vient de préparer des filtres à pores bien plus étroits au moyen de parois composées de gélatine et de papier ou de tissus combinés. On fait varier à volonté le diamètre des pores en modifiant la concentration de la gélatine; à l'aide d'une gamme de filtres d'une concentration graduellement croissante, l'on réussit à séparer toutes les particules de grandeur variable qui se trouvent dans les solutions colloïdales. Comme les particules ultra-microscopiques peuvent être soumises à leur tour à ce procédé de filtrage, M. Bechhold le désigne sous le nom d'*ultrafiltrage*.

En étudiant plusieurs solutions renfermant des particules ultra-microscopiques données, on détermine dans certains cas les diamètres des pores. Les ultrafiltres à densité moyenne se sont trouvés posséder des pores d'un diamètre maximum de moins de 1 : 50.000e de millimètre. Ces filtres sont donc capables de retenir les particules des solutions d'hémoglobine et d'albumine du sérum, le diamètre des particules dissoutes étant supérieur à 1 : 50.000e de millimètre. Le diamètre se détermine très facilement en mesurant la pression nécessaire pour forcer un courant d'air à travers les pores.

Tandis que l'ultra-microscope ne permet de déterminer la présence que de substances possédant un pouvoir de réfraction différent de celui de l'eau, les ultra-filtres se prêtent à l'examen de particules ultramicroscopiques quelconques. Les différents produits de scission de l'albumine, à savoir les substances dites albumoses, peuvent être ainsi séparés selon les dimensions de leurs particules.

M. Bechhold indique la construction d'un appareil servant à imprégner de gélatine les tissus, le papier à filtrer, etc. Il décrit ensuite ses appareils à filtrage avec ou sans agitateur.

Il semble que la méthode exposée ci-dessus permette de séparer par filtrage des particules de dimensions moléculaires. On s'en servira sans doute pour étudier les solutions colloïdales. En dehors de la Chimie et de la Physique, la Médecine semble être appelée à profiter de la méthode de M. Bechhold; certains microbes, trop petits pour être retenus par les filtres jusqu'ici préparés, pourront, en effet, grâce au nouveau procédé, être séparés et étudiés d'une façon systématique.

[1] *Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide*, t. II nos 1 et 2, 1907; *Die Umschau*, t. XII, no 3, 1908.

§ 5. — Électricité industrielle

Un nouveau principe télé-photographique. — Les dispositifs de télé-photographie se multiplient de jour en jour. Le procédé décrit ci-après[1] vient d'être indiqué par un ingénieur italien, M. Rodolphe Lonardi.

Comme celui de M. Belin, ce procédé se fonde sur l'emploi, à la station transmettrice, d'un cliché photographique, à la gélatine bichromatée par exemple, présentant des reliefs en rapport avec les nuances de l'image. Au-dessus de ce cliché plastique est disposée une boîte métallique à fond élastique qui porte en son milieu une pointe en contact avec le cliché. Cette boîte est remplie de mercure, dont le niveau, dans un tube en verre communiquant avec la boîte, dépend de la pression imprimée au fond élastique par la pointe, en contact avec une portion plus ou moins élevée du cliché. Les positions extrêmes du niveau correspondent respectivement aux hauteurs maxima et minima du relief photographique; les positions intermédiaires sont déterminées par autant de valeurs intermédiaires du relief et, par conséquent, par autant de nuances du cliché original.

En imprimant à la plaque photographique un mouvement amenant successivement ses différentes portions au contact de la pointe fixée au fond élastique de la boîte métallique, on verra donc le mercure monter et descendre alternativement dans le tube manométrique, déterminant par là des variations de résistance électrique et des variations proportionnelles de l'intensité du courant traversant le circuit. Il s'agira de reconvertir ces variations d'intensités électriques, à la station d'arrivée, en autant de nuances lumineuses.

La station d'arrivée comporte un solénoïde parcouru par le courant de ligne et dont le noyau sera aspiré plus ou moins, suivant l'intensité du courant traversant l'enroulement du solénoïde et l'intensité magnétique en résultant. Ce mouvement de va-et-vient se traduit, par le jeu d'un levier portant à son autre extrémité une plume à tracer très sensible, en traits d'une intensité correspondante, la pression de la plume sur la plaque réceptrice étant réglée d'une façon convenable. Il va sans dire que la plaque réceptrice doit être animée d'un mouvement synchrone à celui de la plaque originale. Cette dernière est reproduite sous la forme d'une similigravure.

Voilà donc un autre principe permettant la conversion de nuances lumineuses en fluctuations de courants (susceptibles d'être reconvertis en variations de lumière) sans l'intervention des piles au sélénium, qui sont si capricieuses.

L'inventeur espère arriver, par un perfectionnement ultérieur de son appareil, à transmettre des instantanés directs successifs d'une scène animée, et même à reproduire cette scène à la station d'arrivée au moyen d'une reconstruction cinématographique.

§ 6. — Chimie

Les points d'inflammation des mélanges gazeux. — On a déterminé à plusieurs reprises la température d'inflammation des mélanges hydrogène-oxygène, tandis que les mélanges d'autres gaz ont été jusqu'ici peu étudiés à ce point de vue.

On doit à M. Nernst, professeur à l'Université de Berlin, une définition exacte, éliminant toute incertitude, de la température d'inflammation d'un mélange gazeux. D'après ce savant, ce serait la température à laquelle le mélange gazeux, ayant été abandonné à lui-même pendant un certain temps, s'enflamme spontanément, l'effet catalytique des parois du vase étant éliminé. Afin d'obvier aux objections formulées contre les méthodes employées jusqu'à ce jour, M. Nernst

[1] *L'Elettricista*, 1er janvier 1908.

Digitized by Google

propose d'engendrer la chaleur nécessaire à l'inflammation du gaz par la compression adiabatique du gaz lui-même.

M. K. G. Falk, dans un Mémoire recemment publié[1], décrit les déterminations qu'il vient de faire suivant la méthode exposée ci-dessus, soit dans le laboratoire de

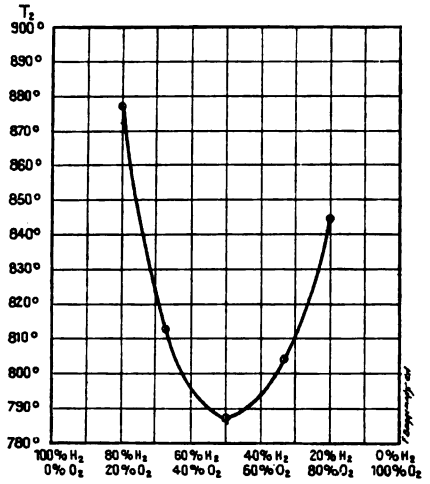


Fig. 1. — *Températures d'inflammation des mélanges d'hydrogène et d'oxygène.*

M. Nernst à l'Institut physico-chimique de Berlin, soit à la Columbia University, à New-York.

Dans ces expériences, le gaz, renfermé dans un cylindre, a été comprimé d'une façon adiabatique par un poids venant frapper le piston. L'étanchéité de l'appareil était assurée par deux rainures renfermant des anneaux de chanvre ou de cuivre, pratiquées dans le piston; de la lanoline servait comme agent lubrifiant. L'hydrogène et l'oxygène employés par l'auteur étaient, soit préparés par un procédé électrolytique à

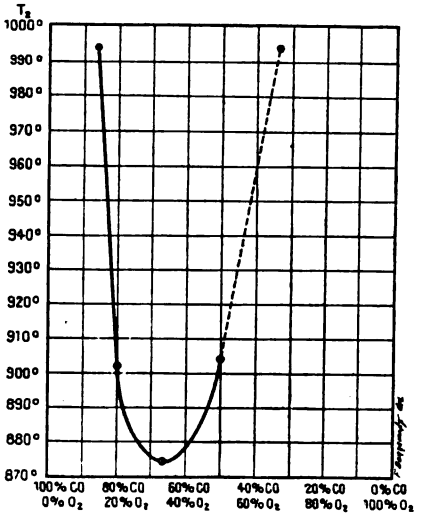


Fig. 2. — *Températures d'inflammation des mélanges d'oxygène et d'oxyde de carbone.*

l'aide de la soude caustique, soit retirés d'une des bombes qu'on trouve dans le commerce. Le monoxyde de carbone était préparé en faisant arriver de l'acide formique en gouttes dans de l'acide sulfurique concentré. Dans les expériences faites sur l'azote, l'oxygène, dans les mélanges, était remplacé par de l'air atmosphérique. Afin de réaliser des conditions comparables dans tous les cas, on a saturé tous les gaz de vapeur d'eau à la température de la salle.

Les courbes reproduites dans les figures 1 et 2 représentent les températures d'inflammation des différents mélanges gazeux oxygène-hydrogène d'une part, et monoxyde de carbone-oxygène de l'autre.

En discutant ces résultats, il faut tenir compte du fait que la température d'inflammation correspond à une certaine vitesse de réaction, et que l'addition d'un gaz inerte diminue la vitesse de réaction entre les deux gaz donnés. Aussi faudra-t-il augmenter la température pour réaliser la vitesse nécessaire à l'inflammation.

Des résultats de ces expériences, M. Falk tire la conclusion que la réaction entre l'hydrogène et l'oxygène est bi-moléculaire, et celle entre le monoxyde de carbone et l'oxygène tri-moléculaire.

Le coefficient de vitesse, calculé pour un accroissement de température de 10°, est égal à 1,31 à une température d'environ 800°, et à 1,13 à 900° pour la réaction hydrogène-oxygène; les valeurs correspondant aux températures de 900° et de 1.000° respectivement, dans le cas du monoxyde de carbone et de l'oxygène, sont de 1,24 et 1,14.

La réaction entre l'hydrogène et l'oxygène en présence d'un excès d'hydrogène, et entre le monoxyde de carbone et l'oxygène en présence d'un excès du premier gaz, n'est point sujette aux lois ordinaires de la Cinétique chimique.

§ 7. — Zoologie appliquée

Les Pêcheries de Terre-Neuve en 1906[1]. — La morue et le hareng sont les deux poissons qui ont la plus grande valeur commerciale au point de vue de l'exportation. Ils sont tous deux très abondants à Terre-Neuve, mais la morue vient au premier rang de tous. Sa valeur alimentaire est encore accrue par l'extrême facilité avec laquelle on peut la préparer. Elle est très appréciée dans les climats tropicaux, et l'on n'a pas encore trouvé de poisson qui puisse l'évincer sur les marchés de la Méditerranée, des Antilles et du Brésil.

La pêche de la morue à Terre-Neuve constitue l'industrie la plus importante de cette nature dans le monde entier, aussi bien par suite de l'étendue des emplacements de pêche que sous le rapport de l'abondance du rendement annuel. La pêche s'étend non seulement tout le long des vastes côtes de l'île de Terre-Neuve et du Labrador, qui en est la dépendance, mais sur un espace considérable de bancs maritimes, couvrant plus de vingt degrés de latitude et embrassant ainsi une surface immense de pêche hauturière et côtière. La principale caractéristique de cette grande moisson de la mer, c'est sa remarquable stabilité : elle est aussi fructueuse aujourd'hui qu'elle l'était il y a des centaines d'années.

La valeur de la morue dépend, en grande partie, de sa bonne préparation. Aussi bien, l'attention des producteurs et des expéditeurs se porte-t-elle, de plus en plus, sur les remèdes qu'il serait indispensable d'apporter à des modes de préparation trop souvent défectueux. La création d'une Chambre de commerce et d'une Association des exportateurs en vue d'une action commune pour l'écoulement de leurs produits rendrait de très grands services au commerce de l'île. La pêche de la morue a été, en général, bonne pendant la dernière campagne, bien que, sur les côtes sud et sud-ouest, la saison n'ait été que de courte durée. Les pêcheurs ont obtenu de bons prix, notamment pour les exportations américaines ; ils augmenteraient facilement leurs débouchés, en développant les ventes de

[1] *Annalen der Physik*, n° 13, 1907.

[1] Analyse du Rapport du Département de la Marine et des Pêcheries de la colonie de Terre-Neuve pour l'année 1906. *Moniteur officiel du Commerce*, 21 novembre 1907.

Digitized by Google

morue fraîche, conservée au moyen de procédés frigorifiques.

Le hareng est très abondant le long des côtes de Terre-Neuve ; mais, à l'aide des méthodes usitées jusqu'à présent, il n'est possible de le pêcher que lorsqu'il s'approche des rivages et des baies du littoral. Aussi, le ministre de la Marine et des Pêcheries s'est-il rendu en Angleterre, au mois d'octobre dernier, afin d'y étudier les méthodes usitées pour la préparation du hareng, et de s'y renseigner sur la possibilité de pêcher ce poisson dans les eaux de Terre-Neuve, d'après la méthode connue sous le nom de pêche au filet dérivant en pleine mer. Des pêcheurs écossais, experts en la matière, viendront, en outre, donner une leçon pratique aux Terre-Neuviens. Les résultats considérables obtenus dans ces dernières années, aussi bien au point de vue de la quantité que de la valeur, par les industriels qui se sont adonnés en Angleterre à la préparation du hareng, justifient l'opinion que la pêche de ce poisson est appelée à prendre un grand développement à Terre-Neuve, pourvu qu'on adopte dans cette colonie les mêmes méthodes de pêche et de préparation que dans la métropole.

La campagne de 1906 pour la chasse au phoque a été remarquablement prospère. Le total des captures effectuées s'est élevé à 341.836 phoques (177.100 en 1905), d'une valeur de 3.150.000 francs (1.615.000 en 1905). Un intérêt spécial s'est attaché à la campagne de 1906, par suite de l'adjonction d'un vapeur spécial à la flotille habituelle. La construction de ce vapeur ouvre une ère nouvelle, et sa première campagne a été tout à fait couronnée de succès.

La pêche de la baleine n'a été entreprise, cette année, que sur une échelle relativement restreinte, par comparaison avec la campagne de 1905. En 1906, 14 usines (18 en 1905) ont traité 439 baleines (892 en 1905), représentant une valeur de 2.792.000 francs. Cette importante industrie, qui avait commencé dans des conditions très prospères, est retombée dans une pénible situation, et les promoteurs des différentes compagnies y ont englouti des sommes considérables.

En 1906, les exportations de homard ont atteint une valeur de 1.950.000 francs (2.260.000 en 1905), résultats sensiblement inférieurs à ceux de l'année précédente. La pêche du homard s'exerce sur tout le littoral de l'île. On peut dire cependant que la plus grande exploitation de cette industrie est pratiquée par les pêcheurs de la côte sud et de la côte ouest. Des essais d'incubateurs se continuent, mais le Comité des pêcheries est d'avis que les résultats obtenus jusqu'à présent n'ont pas été satisfaisants. En réalité, la diminution de la production peut être surtout attribuée à l'abus de la pêche ; c'est pourquoi le Comité voudrait voir les pêcheurs rejeter à la mer les femelles de homards. Par contre, la qualité de la conserve de cette saison a été sensiblement améliorée par l'innovation de la marque et du numérotage de chaque boîte, en vue de pouvoir reconnaître les industriels qui seraient tentés de mettre en vente des produits de qualité inférieure.

D'année en année, la pêche du saumon augmente en quantité. Les principaux cours d'eau de la colonie sont mieux surveillés et protégés, et les résultats de ces mesures se font sentir d'une façon apparente par l'augmentation du poisson dans les rivières. L'exportation du saumon frais s'accroît rapidement, malgré sa mauvaise organisation ; il est probable qu'avec l'amélioration des moyens de transport et l'introduction des procédés frigorifiques, cette pêche est appelée à prendre un très grand développement. **Pierre Clerget.**

Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

§ 8. — Géographie et Colonisation

La reconnaissance et l'étude scientifique de la région du Haut-Logone par la Mission Lenfant. — Envoyée par le Ministère des Colonies et par la Société de Géographie, la Mission dirigée par M. le chef d'escadron d'artillerie coloniale Lenfant a entrepris l'étude géographique, scientifique et économique des territoires compris entre le Logone, l'Ouahme-Bahr Sara et la Sangha, de Nola au sud à Laï au nord, points distants l'un de l'autre d'environ 900 kilomètres. Partie de France le 25 août 1906, elle est revenue, comme on sait, en janvier dernier.

La Mission a parcouru environ 12.000 kilomètres d'itinéraires, dont elle rapporte les levés, appuyés sur un réseau astronomique. Ces itinéraires portent sur une superficie d'à peu près 130.000 kilomètres carrés. La Mission Lenfant a opéré immédiatement à l'est de la Mission de délimitation Congo-Cameroun, dirigée par M. le Commandant Moll [1]. Les résultats combinés de ces deux missions nous donneront une carte de l'immense région du Congo, comprise entre le Chari, l'Ouahme-Bahr Sara, la Lobaye et la frontière du Cameroun.

Les observations astronomiques ont été faites, pour les longitudes, d'après diverses méthodes, selon les circonstances : celle du transport de temps par les montres, procédé dont les incertitudes ont été atténuées par une compensation de marche des montres et une compensation des réseaux, analogue à une compensation géodésique ; celle des hauteurs égales de Lune et d'étoiles ; celle de l'occultation d'étoiles par la Lune. Au total, il y a eu détermination de 180 points environ en longitude : 100 par la première méthode et 40 par chacune des deux autres, soit par conséquent 80 longitudes absolues.

Les latitudes ont été déterminées soit par les hauteurs égales d'étoiles au moyen de l'astrolabe à prisme de Claude et Driencourt [2], soit par les circumméridiennes d'étoiles et de soleil au moyen du théodolite.

C'est le capitaine Périquet qui a fait, pour la plus grande part, les travaux astronomiques et cartographiques, avec les sous-officiers de la Mission : Psichari, Bougon, Delacroix, de Montmort. La carte sera dressée au 200.000e. Il est à remarquer qu'elle ne portera pas des itinéraires décousus ; tous les itinéraires relevés ont été raccordés entre eux en vue de l'établissement d'une carte complète avec courbes de niveau. Cette carte comprendra deux blocs bien définis, à savoir : 1° le territoire s'étendant entre l'Ouahme et le Logone, depuis Yadé jusqu'à Laï et Fort-Archambault ; 2° le territoire entre la Kadéï, la Mambéré, la Sangha et la Lobaye ou Bali. Sur ces parties, la carte de la Mission Lenfant pourra être rattachée à celle de la Mission Moll, qui opérait à l'ouest jusqu'à la frontière allemande. Tout ce vaste ensemble est aujourd'hui connu dans ses traits orographiques et hydrographiques essentiels.

Au point de vue orographique, l'une des reconnaissances les plus intéressantes a été celle du nœud orographique de Yadé, autrefois appelé les monts Dhé ou Dé, dont l'exploration avait été commencée du côté de l'ouest par le Commandant Moll. Le centre de ce massif constitue un plateau dont le point culminant atteint 1.500 mètres et qui est traversé de vallées très creusées ; le mont Boumbabal appartient à cette partie centrale du massif.

La partie orientale du massif s'est affaissée, non d'un seul bloc, mais par couronnes successives autour du centre de résistance. Une première zone assez large, très tourmentée, s'abaisse jusqu'à un millier de mètres, en passant par Simbal, Karé, Boué. Puis vient une sorte de palier, à 1.000 mètres environ d'altitude. Une seconde zone tourmentée, dont l'altitude va de 1.000 à 600 mètres, relie ce palier à la plaine. Celle-ci se maintient entre 600 et 400 mètres.

Toutes les contrées parcourues par la Mission sont

[1] *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 29 février 1908, p. 131 et suiv.

[2] A. Claude et L. Driencourt : La méthode des hauteurs égales en Astronomie de position (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 1903, p. 972) ; des mêmes : L'instru-

Digitized by Google

en général très arrosées; de grandes rivières les sillonnent. L'étude hydrographique qui en a été faite est très complète.

C'est du massif de Yadé que descendent presque toutes les rivières qui arrosent cette partie du centre africain. Vers le Tchad coulent la Mambéré-Logone, le Lim, la Penndé, l'Ouahme; au Congo vont la Nana, la Mambéré-Sangha, la Kadéï; à l'Océan Atlantique, le Lom ou Sanaga et d'autres rivières qui traversent le Cameroun. Les sources de beaucoup de ces rivières et de leurs affluents ont été reconnues ou découvertes; un certain nombre des plus importants cours d'eau ont été suivis dans tout leur cours.

Les rivières, descendant brusquement de la montagne, ont en général une partie rapide très courte, suivie d'un cours beaucoup plus long, à courant faible. La partie rapide correspond aux deux zones tourmentées qui forment comme les marches de l'escalier oriental du Yadé. Ces rivières se trouvent avoir ainsi à peu près un quart de leur cours en montagne, et trois quarts en plaine.

C'est ainsi que la Penndé, au sortir de la seconde zone tourmentée, devient navigable sur environ 300 kilomètres. La reconnaissance de la Penndé, descendue depuis sa source par la Mission, est l'une des plus intéressantes que celle-ci ait faite. La Mission a établi que cette rivière, dont le cours supérieur avait été coupé par le lieutenant Lancrenon en 1905, est bien, comme cet officier l'avait supposé, le Logone oriental ou Bandoul.

Dans les régions de terrains inondés comprises entre les parties basses des rivières, notamment entre la Penndé à l'ouest, la Nana Barya et l'Ouahme à l'est, on trouve des zones d'étangs reliés entre eux par des canaux n'ayant ni berges, ni fond tracé, ni courant fixe, où il y a toujours de l'eau, plus ou moins suivant les saisons, qui présentent dans leurs diverses parties des différences de niveau très minimes. On peut citer comme exemples le Ba-Bo, le Som, le Ba-Illy, l'Angekobo, etc. Ce ne sont même pas des rivières temporaires; ce sont des eaux d'inondation qui cherchent une issue là où le permet la pente du terrain,

Le massif orographique de Yadé est constitué par des roches cristallophylliennes. Les micaschistes se rencontrent dans les zones de dislocation. Tout autour, on trouve de la latérite et, dans la plaine, il s'est formé de l'humus qui a rendu la terre cultivable au-dessus d'un fond imperméable. L'action éolienne s'est fait sentir très fortement dans les parties accidentées, à cause du peu de végétation, et on y trouve beaucoup de roches polies.

Au point de vue de la faune et de la flore, il faut distinguer deux zones : les plateaux rocheux et la plaine. Cette dernière est de beaucoup la plus riche en espèces animales. On y trouve plusieurs espèces d'antilopes et de buffles, des porcs-épics, des mangoustes, trois ou quatre espèces de singes, des éléphants dont les troupes sont nombreuses en certains endroits, des léopards qui se montrent peu, des aigles, des vautours, des éperviers, des corbeaux. La région ne nourrit pas de bœufs, mais la tsé-tsé est cependant très localisée. Les Saras, entre la Penndé et le Bahr Sara, ont une race de petits chevaux.

Sur les plateaux rocheux poussent les Euphorbiacées et les Cactées, et dans le lit de tous les cours d'eau, on voit se développer une végétation impénétrable. Dans la plaine, on trouve une forêt claire et praticable avec de beaux arbres, fromager, karité, ficus, etc.

La Mission Lenfant a rapporté d'importantes collections de Géologie, de Botanique et d'Entomologie (Coléoptères). Le Dr Kérandel a fait des études sur la géographie de la maladie du sommeil et il a réuni des documents nouveaux sur les trypanosomes, la tsé-tsé et autres parasites. Les langues indigènes ont été étudiées, et il a été dressé neuf vocabulaires, notamment de celles des Yanguérés, des Saras, des M'Baïs, des Kakas, des Pandés, etc., ainsi que d'une sorte d'esperanto local, qui porte le nom de langage labi.

Enfin, au point de vue économique, la Mission Lenfant a eu d'importants résultats, dont l'un des plus précieux est d'avoir reconnu que la Penndé peut, soit par son cours navigable, soit par ses rives, fournir une voie de communication pratique pour relier la Sangha au Logone. L'on pourra, par cette voie, ravitailler en viande de boucherie le Moyen-Congo qui en est dépourvu, avec le bétail que peuvent fournir les contrées d'élevage du Bas-Logone et du Bas-Chari [1].

Gustave Regelsperger.

§ 9. — Sciences diverses

Une nouvelle subvention aux recherches scientifiques. — M. le Prince Roland Bonaparte vient de mettre à la disposition de l'Académie des Sciences de Paris une somme de cent mille francs pour encourager les recherches scientifiques dans notre pays. Voici, dans les termes mêmes dont s'est servi le généreux donateur, l'esprit qui a inspiré cette libéralité :

« D'accord avec un sentiment maintes fois exprimé, j'estime que ce n'est pas par de nouveaux prix que ce résultat (le progrès scientifique) peut être obtenu. Sans doute, récompenser de bons travaux est chose excellente; mais il importe plus encore de permettre à de tels travaux de naître, en écartant les obstacles qui peuvent paralyser la bonne volonté des chercheurs, et dont le principal est, en général, la question budgétaire.

« Pénétré de cette pensée, j'ai résolu de mettre à la disposition de l'Académie, sous les conditions stipulées, une somme de 100.000 francs, non à titre de capital, mais sous forme d'un petit nombre d'annuités, destinées à être rapidement employées dans l'esprit que je viens d'indiquer : c'est-à-dire qu'écartant toute idée de récompense pour des travaux déjà exécutés, quel qu'en puisse être le mérite, mon intention est que cette somme serve à provoquer des découvertes en facilitant les recherches des travailleurs ayant déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui, n'appartenant pas à notre Académie, manqueraient de ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations. »

On ne peut que féliciter le Prince Roland Bonaparte de son intelligente initiative et souhaiter que son exemple trouve des imitateurs, dont les dons assureront la permanence du fonds de subvention dont il aura été le prémier ouvrier.

Voici, d'autre part, les conditions, approuvées par l'Académie, que devront remplir les concurrents :

Les demandes de subvention, qui peuvent être présentées par les candidats, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un membre de l'Académie, devront être adressées à l'Académie, chaque année, avant le 1er janvier; mais, par exception, pour 1908, avant le 1er mai.

Les bénéficiaires de subventions devront adresser, dans les 12 mois, à l'Académie un Rapport succinct, relatif à la manière dont ils ont employé les ressources mises à leur disposition et aux résultats qu'ils ont obtenus.

Tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de Rapport dans les délais voulus sera exclu du droit de recevoir de nouvelles subventions.

La primeur des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînera pour l'auteur la perte du droit de recevoir de nouvelles subventions.

---

ment des hauteurs égales en Astronomie de position ou astrolabe à prisme (*Ibid.*, p. 1071).

[1] Nous rappelons que l'un des résultats de la Mission accomplie, en 1903, par le Commandant Lenfant, avait été de constater l'existence d'une communication directe, au moins à certaines époques de l'annee, entre la Bénoué et le Logone (*Revue générale des Sciences*, 1904, p. 285).

Digitized by Google

LORD KELVIN[1]

Le 17 décembre, après une courte maladie, Lord Kelvin (William Thomson) est mort dans sa résidence de Netherall, près de Largs en Ecosse; il était né le 24 juin 1824 à Belfast[2].

Il poursuivit à Cambridge, de 1841 à 1845, ses études supérieures y remporta le prix Smith, la plus haute récompense mathématique de la célèbre Université, et mérita, par l'éclat de ses succès, d'être associé au Collège Saint-Pierre, auquel il avait appartenu comme étudiant; il y connut d'autres triomphes, et ses qualités de rameur émérite lui valurent de figurer, en 1842, dans l'équipe qui montait le bateau du Collège... Ces souvenirs lui étaient chers, car, de longues années après, retenu au lit par la maladie, il se dressait en battant des mains comme un simple étudiant à l'annonce d'une victoire nautique de son ancienne Université, à laquelle il resta toujours profondément attaché[3].

Après avoir travaillé pendant quelque temps au laboratoire de Regnault, il fut appelé en 1846 à Glasgow comme professeur de « Philosophie naturelle ». Il devait occuper sa chaire pendant cinquante-trois ans; c'est en 1899 qu'il résigna ses fonctions, sans cesser pour cela d'appartenir à l'Université, où il se fit aussitôt inscrire comme étudiant, et dont, en 1904, il fut élu Recteur. En 1896, l'Université avait célébré son jubilé en présence de représentants des corps savants du monde entier. Au cours de l'allocution qu'il prononça alors, il définissait ainsi sa tâche, dans son pittoresque langage : « Le professeur et ses élèves sont des collaborateurs, chacun contribuant à faire tout ce qu'il est possible dans leurs rencontres quotidiennes... Je n'aime pas notre mot *lecture*, je lui préfère le mot français *conférence*, car je pense que chacune de ces rencontres doit être plutôt une conférence qu'un entonnage (*pumping-in*), fait par le professeur, d'une doctrine peut-être mal comprise et mal reçue par les étudiants. »

Ce n'était pas une de ses moindres originalités que les digressions et les boutades dont il émaillait ses leçons ou ses conférences publiques et qui en faisaient, au dire de ceux qui eurent la bonne fortune de les entendre, « la forme d'instruction la plus réjouissante qui se puisse concevoir ».

Quand il était ainsi écarté de son sujet par une idée qu'il suivait avec la fougue de sa nature enthousiaste, le temps ni ses auditeurs ne comptaient plus pour lui; ses distractions amusaient quelquefois son jeune auditoire, mais il savait toujours le reprendre, comme le jour où il identifia sur le septième banc un étudiant qui avait fait rouler une bille, simplement en suivant la trajectoire de la bille et comptant le nombre de ses chocs sur les gradins. Les traits saillants de son caractère étaient une évidente véracité, une droiture absolue, une simplicité, une modestie[4] et une bonhomie charmantes; une bonté sans limites, une courtoisie qui ne se démentait jamais, même au milieu des discussions les plus vives; une bienveillance éclairée qui lui faisait prendre intérêt à tout effort consciencieux, si modeste fût-il, tandis qu'il déconcertait les présomptueux par un petit nombre de questions posées de la manière la plus aimable, mais allant droit au fait.

L'influence énorme qu'il exerça sur ses élèves, pour le plus grand bien de la science, était due, autant, sinon plus qu'à son enseignement magistral, aux conseils et aux suggestions qu'il leur prodiguait sans compter au laboratoire, à ses encouragements bienveillants, à la profonde affection qu'il savait leur inspirer.

Il reçut, durant sa longue vie, tous les honneurs qu'un Anglais et un savant peut recevoir. Élu membre de la Société Royale de Londres en 1851, il en obtint successivement les plus hautes récompenses, en fut le président en 1890; il avait également présidé l'Association Britannique et la Société des Ingénieurs Électriciens; fait baronnet en 1866, pour la part qu'il avait prise à l'établisse-

[1] Lorsqu'il y a trois mois on annonça la mort de l'illustre et regretté Lord Kelvin, nous avons pensé qu'en raison de la grandeur de son œuvre, il convenait de lui consacrer non une courte notice, mais une étude développée. Nous avons demandé cet important travail à l'un des traducteurs français de l'éminent physicien, M. Lugol, qui a bien voulu écrire à l'intention de nos lecteurs l'article ci-joint.

Nous avons fait de même pour notre éminent compatriote Jules Janssen, récemment décédé, et l'on trouvera plus loin la notice que M. Ch. Nordmann a rédigée sur l'œuvre du grand astronome.

[2] Il était le second fils de James Thomson, qui fut professeur de Mathématiques à l'Université de Glasgow de 1832 à 1849; son frère aîné, James, y enseigna également de 1873 à 1889.

[3] Il fit établir à ses frais, en 1884, l'éclairage électrique dans son ancien collège, et, dans les dernières années de sa vie, contribua par une généreuse allocation annuelle à l'entretien d'étudiants en sciences.

[4] Il disait, dans son discours jubilaire : « Un mot caractérise les plus énergiques des efforts que j'ai faits avec persévérance pendant cinquante-cinq ans pour l'avancement de la Science; ce mot est *faillite*. Je ne sais rien de plus sur la force électrique et la force magnétique, ou sur les relations entre l'éther, l'électricité et la matière pondérable, ou l'affinité chimique, que je n'en savais et essayais d'en apprendre à mes étudiants dans ma première année d'enseignement. »

Digitized by Google

ment du câble transatlantique, il fut créé pair en 1892 et emprunta son titre au petit affluent de la Clyde qui coule sous les murs de l'Université de Glasgow ; il fut nommé conseiller privé la même année; enfin, honneur suprême, il a été enterré dans l'abbaye de Westminster, à côté de Newton. Il était Associé étranger de l'Institut de France depuis de longues années, cela va sans dire, et grand officier de la Légion d'honneur.

I

L'œuvre scientifique de lord Kelvin ne le cède à aucune autre en variété, en étendue et en profondeur. On aura une idée de sa prodigieuse activité si l'on songe que son premier Mémoire date de 1841, alors qu'il était encore tout jeune étudiant : il s'agissait des théorèmes de Fourier et de leur application à la propagation de la chaleur et à l'Hydrodynamique; c'est dans ce travail qu'il faut chercher le germe des idées qui l'ont conduit à essayer d'évaluer, d'après les températures de l'intérieur du sol, le temps écoulé depuis la solidification de Terre ou, suivant son heureuse expression : « l'âge de la Terre ». En 1883, il n'avait pas publié moins de 262 Mémoires, sans compter ceux qu'il avait écrits en collaboration, et, depuis lors, sa production scientifique ne s'était pas ralentie.

Il était toujours muni d'un carnet qui lui servait à poursuivre, dans ses moindres moments de loisir, la solution de quelqu'un de ces problèmes dont son esprit était constamment occupé. Il serait souhaitable que quelqu'un pût dépouiller ces carnets, qui fourniraient des indications bien précieuses sur la marche des idées de ce lumineux génie.

Il laisse, outre le *Traité de Philosophie naturelle*, écrit en collaboration avec Tait, et publié en 1867, une énorme quantité de Mémoires, dont un grand nombre ont été réunis dans *Papers on Electrostatics and Magnetism*, *Collected Papers* (3 vol.), *Popular Lectures and Addresses* (3 vol.) et *Baltimore Lectures* : ces dernières conférences, relatives à la Dynamique moléculaire, avaient été autographiées en 1884, au moment même où il les a données; il ne les a publiées qu'en 1904, après les avoir soumises à une minutieuse revision. Il conserva intactes jusqu'à la fin la vigueur de son esprit et son inlassable activité; au mois d'août dernier, il intervenait, avec une ardeur toute juvénile, dans les discussions du Congrès de l'Association Britannique, à Leicester, et l'on peut dire qu'il est mort à la tâche, car c'est en faisant des expériences dans un corridor de sa résidence de Netherall qu'il a contracté le refroidissement qui l'a emporté.

Rien ne pourra mieux qu'un rapide exposé de ses titres à l'admiration des savants et à la reconnaissance de tous, faire comprendre la double nature et le merveilleux équilibre de cet étonnant génie, aussi apte à suivre les plus hautes spéculations de la science pure qu'à en apercevoir et à en réaliser matériellement les applications, et dont l'œuvre immense, dans l'un ou l'autre de ces deux domaines si différents, suffirait à illustrer plusieurs hommes.

On cite de lui cette preuve de pénétration extraordinaire ; il lui fallut trois jours pour démontrer, par l'Analyse mathématique, une proposition énoncée comme *évidente* dans la « Philosophie naturelle » de Thomson et Tait, et sur laquelle un savant, qui voulait la justifier, avait travaillé vainement pendant six semaines.

On sait quelle part prépondérante il a prise à la fondation de la Thermodynamique, dont il découvrit, presque en même temps que Clausius, la deuxième loi. Il avait été le premier à deviner l'importance du célèbre travail de Sadi-Carnot [1] et à poursuivre dans toutes les branches de la Physique l'application des principes qui y sont en germe. Dès 1846, en développant les conséquences du principe de conservation de l'Énergie, il découvrait théoriquement la convection électrique de la chaleur (justement appelée depuis : effet Thomson), avant de la vérifier par l'expérience. C'est à l'occasion de ces recherches (entreprises avec une installation et des ressources dont l'analogie est frappante avec les conditions dans lesquelles devait se trouver Pasteur) qu'il associa pour la première fois ses étudiants à ses travaux et créa pour ainsi dire l'enseignement du laboratoire, dont il disait : « la recherche ne laisse pas place aux distinctions obscures et douteuses entre vérité, demi-vérité, erreur complète. Dans le laboratoire, tout ce que l'on éprouve ou essaie est trouvé vrai ou non vrai. Rien de ce qui n'est pas reconnu vrai n'est un résultat ».

C'est dans ses premières années de professorat qu'il proposa l'échelle absolue des températures, et établit le principe de la dissipation de l'énergie (*On Dynamical Theory of Heat*, 1851). Il avait rencontré Joule en 1847, et dès lors commença cette féconde collaboration, dont les résultats, après avoir donné à la Thermodynamique une base solide, ont reçu

[1] Il le cherchait vainement à Paris, en 1845 : « Chez tous les libraires que je connaissais, j'entrais demandant la *Puissance motrice du feu*, par Carnot. — « Caïno ? je ne connais pas cet auteur ». Avec beaucoup de difficulté, j'arrivais à expliquer que c'était *r* et non *i*, que je voulais dire. « Ah! Ca-rrr-not! Oui. — Voici son ouvrage », et l'on m'apportait un volume sur quelque question sociale, d'Hippolyte Carnot, mais la *Puissance motrice du feu* était tout à fait inconnue. »

Digitized by Google

un regain d'actualité de leur application à la liquéfaction des gaz.

II

Ses découvertes en Électricité et en Magnétisme sont également fondamentales; c'est là surtout qu'il a été un précurseur. Imprégné de l'œuvre expérimentale de Faraday, il appliqua le premier l'Analyse mathématique aux résultats des recherches de l'illustre physicien; préoccupé d'expliquer, par la théorie élastique du corps solide (question que Maxwell devait mettre au point), les phénomènes électromagnétiques, il proposait dès 1847 une représentation mécanique de la force magnétique, inaugurant ainsi l'une des parties les plus originales de son œuvre, l'invention de ces nombreux et ingénieux modèles mécaniques dont il aimait à illustrer ses conceptions hardies et dont il disait : « Je ne puis admettre que ce soit se livrer à une simple récréation théorique; bien au contraire, c'est fournir un secours puissant pour la conception des choses possibles que de montrer, par un modèle, même grossier et impraticable, qu'on peut fabriquer une structure... »

En 1853, l'étude théorique de la décharge d'une bouteille de Leyde à travers un circuit possédant de la self-induction le conduisait à énoncer les conditions qui rendent l'étincelle oscillante; les expériences de Feddersen sont de dix ans postérieures, et les recherches de Lodge et de Hertz sont en germe dans cette découverte capitale.

Vers le même temps, discutant, par correspondance avec son maître et ami Stokes, les théories mathématiques de la transmission des signaux par les câbles, il appliquait les séries de Fourier au calcul des impulsions à l'arrivée, signalait l'influence retardatrice de la capacité, et montrait que la vitesse de transmission des signaux est en raison inverse du carré de la longueur du câble.

Malgré l'opinion d'Airy, qui croyait impossible la communication avec l'Amérique, il s'attaqua résolument à la question, guidé par ses profondes vue théoriques dans la recherche des moyens pratiques de la résoudre. Nommé directeur de la Compagnie de Télégraphie transatlantique, il prit une part active à la pose du câble de 1858. On lançait à travers ce câble les decharges d'énormes bobines d'induction, qui ne tardèrent pas à le mettre hors d'usage, malgré le soin apporté à sa construction. Lord Kelvin déclara qu'il fallait employer des courant faibles avec des récepteurs extrêmement sensibles et produisit son galvanomètre à miroir, remplacé plus tard par le *siphon recorder*, ancêtre du Deprez-d'Arsonval. Il dirigea à bord du *Great Eastern* la pose du câble de 1865, dont le succès consacra sa réputation auprès du grand public.

Épris d'ordre et de précision, il adopta avec enthousiasme le système de mesures absolues de Gauss et Weber, et dès 1851 calculait la force électromotrice de l'élément Daniell et mesurait la résistance absolue d'un fil d'après la chaleur dégagée par un courant continu. Il fit plus : il décida l'Association Britannique à nommer une Commission des Étalons électriques. Il rendit ainsi non seulement à l'Électricité, mais à la Science tout entière, le plus signalé service qu'elle pût alors recevoir, donnant l'impulsion au mouvement qui devait aboutir à l'adoption du système C.G.S., et mettant l'ordre à la place du chaos. Il s'était fait auprès du public éclairé de son pays l'apôtre du système métrique, mais sa haute autorité ne put vaincre « la perversité de l'inertie insulaire, dévastatrice du cerveau », qui obligeait et oblige encore les ingénieurs à se servir de l'incommode système britannique.

Profondément persuadé que « l'on ne sait rien d'un sujet, si l'on ne peut pas mesurer et exprimer en nombres ce dont on parle », il s'appliqua à améliorer les méthodes de mesure ou les instruments existants et à en créer quand il n'y en avait pas. Tout le monde connaît ses électromètres et ses galvanomètres pour les laboratoires ou l'industrie; mais ce qui est moins connu, c'est la patience inlassable avec laquelle il améliorait progressivement, jusqu'à les amener à un degré voisin de la perfection, les instruments qu'il avait créés.

Il chercha toute sa vie une explication mécanique rationnelle des propriétés de la matière. Son œuvre dans cette branche de la Physique mathématique est aussi remarquable par la hardiesse et la profondeur des vues que par les moyens mis en œuvre pour les développer. Qu'il s'agît de « s'acheminer vers une théorie cinétique de la matière », d'un essai pour « envisager l'élasticité comme un mode de mouvement », d'imaginer une structure possédant les propriétés d'un gaz, d'un solide élastique, d'un cristal, de l'éther lumineux, ou de développer l'hypothèse de l'atome-tourbillon, toujours un de ces modèles mécaniques qu'il affectionnait venait matérialiser ses conceptions et témoigner qu'il ne perdait jamais de vue la réalité.

Il s'intéressa vivement aux corps radio-actifs; il repoussait les idées de Rutherford sur la désintégration des atomes, et ne voyait dans le radium qu'une sorte d'accumulateur emmagasinant une forme d'énergie dont les ondes traversent l'éther. C'est à ce propos qu'il imagina les *électrions*, infimes corpuscules chargés négativement, qu'il faisait intervenir dans l'explication des phénomènes électriques, et dans une théorie de la vitesse de la lumière dans les corps matériels; il imaginait également des combinaisons d'atomes figurant les

Digitized by Google

propriétés du polonium et du radium, ou des modèles d'atomes radio-actifs, et attribuait à des actions entre atomes chargés et électrions la source de l'énergie rayonnée par le radium.

A l'opposé d'Helmholtz, qui appuyait sur elle ses dernières recherches d'Optique, Lord Kelvin s'était toujours montré très réservé, sinon hostile, vis-à-vis de la théorie de Maxwell : « Il est remarquable, dit le Professeur J.-J. Thomson, que, dans les conférences de Baltimore, consacrées cependant à la théorie ondulatoire de la lumière, Lord Kelvin mentionne à peine la théorie électromagnétique. Je pense qu'il espérait atteindre la nature de l'électricité par l'étude de la lumière, bien plutôt que la nature de la lumière par l'étude de l'électricité, et que cette préoccupation l'a peut-être conduit à être moins que juste pour la magnifique généralisation de Maxwell. »

III

Navigateur passionné, Lord Kelvin a beaucoup fait pour les marins. Il simplifia l'application d'une méthode de détermination de la position d'un navire qu'il avait vu employer à bord du *Great-Eastern*, et calcula des tables pour cet usage[1]. Dans un tout autre ordre d'idées, il imagina une sonde adoptée partout aujourd'hui.

Ayant à rédiger pour un magazine (*Good Words*) une série d'articles sur les compas de marine, il se rendit compte, en écrivant le premier, des défauts que présentaient alors ces instruments; le second article parut au bout de cinq ans, au cours desquels Lord Kelvin renouvela complètement la construction des anciens compas, remplaçant leur longue aiguille par une série de petites aiguilles très courtes, très légères et peu aimantées, ce qui permettait de placer très près les organes compensateurs de l'action du bateau. Il s'occupa également des vagues produites par les navires, de leur influence sur la vitesse, de l'énergie absorbée par leur formation, questions auxquelles il consacrait, dans les dernières années de sa vie, des Mémoires remplis d'applications des théorèmes de Fourier.

L'étude approfondie des marées le conduisit à l'invention d'un analyseur harmonique destiné à analyser les éléments d'un phénomène périodique, et d'un appareil à prédiction mécanique, employé par le Service hydrographique de la Marine française, et destiné à remplacer les longs et pénibles calculs nécessaires pour déterminer à l'avance l'heure et la hauteur des pleines et basses mers à une époque et dans un lieu donnés.

[1] La méthode Sumner, utilisant deux observations de hauteur du Soleil séparées par quelques heures, ou les observations successives de la hauteur de deux étoiles.

Il a abordé avec la même maîtrise les problèmes de Physique terrestre et de Physique cosmique. Il attaqua d'abord la doctrine d'après laquelle les phénomènes géologiques auraient exigé un temps illimité ; s'appuyant sur la variation de la température du sol avec la profondeur, sur la conductibilité des roches superficielles, il affirma que la date de la solidification pouvait être sûrement placée entre vingt millions et quatre cents millions d'années. Il affirma, contrairement à l'opinion alors courante, que la Terre était au moins en grande partie solide, invoquant, entre autres raisons, l'énormité des pressions dans l'intérieur du globe, et le phénomène des marées, qui est incompatible avec l'hypothèse d'une mince croûte recouvrant une énorme masse liquide ; car celle-ci aurait, elle aussi, ses marées, qui feraient éclater la croûte, à moins que cette croûte ne fût tout à fait plastique, — et alors l'eau des océans en suivrait les mouvements, — ou absolument indéformable, et nous ne connaissons aucune substance de ce genre ; le calcul de la rigidité requise pour expliquer les marées, telles qu'elles existent, montre que celle de la Terre prise dans son ensemble doit être comprise entre celle du verre et celle de l'acier ; ce n'est pas une croûte d'une centaine de kilomètres d'épaisseur qui pourrait amener ce résultat ; la Terre doit donc être, en tout ou en grande partie, solide.

Appliquant également au Soleil et au système solaire les principes de la Physique, il cherchait à évaluer le refroidissement séculaire du Soleil, la température de sa surface, l'origine et la quantité totale de la chaleur solaire ; il concluait ainsi : « Il est probable que le Soleil n'a pas illuminé la Terre pendant cent millions d'années, et presque certain qu'il ne l'a pas illuminée pendant cinq cents millions d'années. »

Ces affirmations ne passaient pas sans protestations ; la lutte fut chaude, et ce n'est pas par Lord Kelvin que furent dites les paroles désobligeantes. Si la découverte des minéraux radio-actifs peut conduire à modifier certaines des idées qu'il a émises sur l'énergie interne du Globe, l'ensemble de ses spéculations sur ces difficiles problèmes constitue une solution acceptable, et l'on ne peut qu'admirer la hardiesse avec laquelle il déployait ainsi les ressources de son esprit mathématique, de sa science profonde et de sa merveilleuse intuition.

Il n'y a guère de branche de la Philosophie naturelle qui n'ait dû quelque important progrès à cet homme de génie, que l'on peut considérer sans exagération comme le plus grand physicien du temps.

P. Lugol,
Professeur au Lycée Saint-Louis.

Digitized by Google

JULES JANSSEN

Janssen, dont la mort, succédant si vite à celle de Loewy, a meurtri d'une nouvelle tristesse la Science en deuil, fut une des figures les plus puissamment originales et les plus imposantes de ce temps, sinon une des plus attachantes.

Venu tard à la Science, à un âge où pour d'autres les projets cèdent la place aux souvenirs et à la mélancolie des espoirs finissants, Janssen sut se faire néanmoins la plus belle des carrières scientifiques et la plus merveilleusement féconde. Et il semble que le destin, en prolongeant hors des limites ordinaires la durée de sa vie et la puissance créatrice de son cerveau, ait voulu nous dédommager de n'en avoir pas joui plus tôt.

Rien de banal dans cet homme, rien qui ne sortît du commun : ni sa noble tête, digne du ciseau d'un Michel-Ange, qui impressionnait tout d'abord, à cause des yeux étrangement profonds, et du front puissant, auréolé d'une chevelure neigeuse; ni sa vie, toute remplie par les missions qui le conduisirent aux quatre coins du monde jusqu'en ses dernières années sans que rien pût interrompre ces croisades scientifiques, pas même la gloire et les honneurs, où il voyait autre chose que des reposoirs confortables; ni son œuvre enfin.

Cette œuvre est si considérable que l'analyse, même succincte, n'en saurait trouver place ici. Nous voulons simplement essayer d'en esquisser le caractère et montrer, en quelques mots, quelle influence profonde elle a exercé sur l'évolution de l'Astronomie moderne.

I

Si l'on en excepte la thèse de Janssen, qui se rattache à l'Optique physiologique et où il démontra que les milieux de l'œil absorbent la chaleur rayonnante, douloureuse pour la rétine, et ne laissent parvenir à celle-ci que les seuls rayons utiles à la vision, tous ses travaux se rapportent à l'étude du Soleil, et leur ensemble constitue un beau monument élevé à la gloire de cette petite étoile autour de laquelle nous gravitons.

Les premières recherches de Janssen, survenant peu après le célèbre Mémoire de Kirchhof et Bunsen sur l'analyse spectrale du Soleil, l'amenèrent à rechercher, parmi les raies que le spectroscope manifeste dans la lumière solaire, celles qui pourraient provenir d'une source étrangère.

Déjà antérieurement, Brewster avait remarqué, au lever et au coucher du Soleil, certaines bandes singulières qui venaient en obscurcir le spectre. Janssen entreprit, dans le modeste observatoire qu'il s'était fait à Montmartre, l'étude systématique de ces bandes : il découvrit tout d'abord qu'elles sont résolubles en un certain nombre de raies fines, de positions bien définies, puis que l'intensité de ces raies varie en raison du trajet des rayons dans notre atmosphère. C'est alors qu'il leur donna le nom, devenu classique, de « raies telluriques ». Il restait à faire la contre-partie et à produire artificiellement l'apparition de ces raies. C'est ce qu'il fit en 1864, au cours d'une ingénieuse expérience réalisée au bord du lac de Genève. Un feu de bois allumé sur le rivage et qui, observé de près, offrait un spectre continu, manifesta, lorsqu'on l'observait de l'autre rive en interposant une épaisseur de 21 kilomètres d'atmosphère saturée de vapeur d'eau, la présence attendue des raies telluriques.

Janssen ne s'en tint, d'ailleurs, pas là en ce qui concerne cette question. Au cours de nombreuses expériences ingénieusement combinées, qu'il réalisa en partie à l'usine à gaz de la Villette, puis à l'Observatoire de Meudon, et qui consistaient à étudier le spectre d'absorption de la vapeur d'eau et de l'oxygène comprimés séparément sous de fortes pressions dans des tubes métalliques, il réussit à préciser encore davantage l'action absorbante élective de notre atmosphère, en déterminant avec exactitude celles des raies telluriques qui sont dues à l'oxygène et celles qui sont dues à la vapeur d'eau. Ces observations l'amenèrent, en outre, à la découverte de cette loi singulière que l'intensité de certaines des raies d'absorption de l'oxygène est proportionnelle non pas au produit de l'épaisseur traversée par la densité du gaz, mais au produit de cette épaisseur par le carré de cette densité.

Tout cela, en dehors de son intérêt propre, avait une portée très générale : D'une part, on avait admis, d'après Kirchhoff, que l'état d'incandescence des gaz est une condition nécessaire de leur absorption sélective; Janssen démontrait, au contraire, que des gaz froids peuvent produire également des raies noires d'absorption, analogues aux raies frauenhofériennes. D'autre part, ces résultats laissaient l'espoir d'obtenir des indications sur la présence ou l'absence de la vapeur d'eau dans les atmosphères froides des planètes. Janssen crut, en effet, pouvoir conclure d'expériences qu'il fit au sommet du Faulhorn, puis de l'Etna, à la présence de la vapeur d'eau dans les atmosphères de Mars et de Saturne. Ce résultat a, d'ailleurs, été contesté depuis en Allemagne et en Amérique, en raison des causes d'erreur provenant de notre atmosphère et

Digitized by Google

dont les expériences de Janssen n'étaient pas suffisamment affranchies. Mais le principe de la méthode n'en reste pas moins acquis, avec tous les espoirs qu'il comporte.

II

L'étude spectrale de la constitution du Soleil doit beaucoup à Janssen. Est-il besoin de rappeler sa découverte mémorable, faite lors de l'éclipse de 1868, du procédé, aujourd'hui classique, pour observer journellement les protubérances? Chacun connaît cette méthode, d'une si élégante simplicité, et qui consiste uniquement à parcourir radialement, avec la fente d'un spectroscope, le bord de l'image solaire en isolant une radiation déterminée de l'hydrogène. Cette découverte, faite indépendamment et presque en même temps par Sir Norman Lockyer, rendit célèbres, du jour au lendemain, les noms des deux auteurs; elle devait par la suite se montrer d'une fécondité singulière dans ses applications.

L'éclipse totale de 1871 fut pour Janssen l'occasion d'une autre découverte spectrale : il constata alors, pour la première fois, que le spectre des parties extérieures de la couronne solaire renferme des raies frauenhoférienne. Ce résultat était une des premières preuves que la couronne est réellement un appendice de l'atmosphère solaire, fait encore contesté à cette époque; il établissait du même coup que la couronne n'est pas exclusivement gazeuse, mais comprend des particules solides ou liquides qui, réfléchissant la lumière photosphérique, produisent précisément dans le spectre coronal les apparences observées par Janssen.

Dans un ordre d'idées tout voisin, Janssen fut un des premiers à apercevoir, avec la pénétrante lucidité de son esprit, toute l'importance que pouvait présenter, pour l'Astronomie, l'emploi de la photographie; et il l'a exprimé parfaitement d'un de ces mots frappés en médaille dont il avait le secret, le jour où il a dit : « La plaque photographique est la rétine du savant. » Il fut, comme astrophotographe, un initiateur : c'est lui qui obtint (1881) la première photographie cométaire; c'est lui qui, à l'occasion du passage de Vénus de 1874, imagina le « revolver photographique », véritable ancêtre du cinématographe; c'est lui, enfin, qui, par des procédés dont l'originalité n'est dépassée que par leur simplicité, a réussi à obtenir cette collection unique et merveilleuse des photographies solaires de Meudon. Ces photographies, dont la perfection n'a été depuis égalée nulle part, montrent, rappelons-le, les détails les plus délicats de la photosphère: elles ont permis à Janssen de découvrir notamment ce curieux réseau cellulaire, nommé par lui *réseau photosphérique*, et dont on ignore encore, à l'heure actuelle, s'il est dû réellement à des formations objectives de la surface solaire, ou au contraire à des réfractions irrégulières de notre atmosphère ou de celle du Soleil.

Il n'est pas jusqu'à la photométrie des étoiles qui n'ait attiré le coup d'œil pénétrant de Janssen : le premier, semble-t-il, il eut l'idée de l'emploi, pour la photométrie photographique, des disques stellaires en dehors du foyer.

III

Telles sont, grossièrement esquissées, les principales contributions de Janssen à cette science dont il est un des fondateurs : l'Astrophysique; elles touchent, on le voit, aux questions les plus hautes et les plus passionnantes de la Philosophie naturelle.

Mais ce n'est pas seulement de ces œuvres de l'esprit que la Science est redevable à Janssen; il en est une autre, magnifiquement taillée dans le granit et l'acier, je veux dire l'Observatoire de Meudon, complété plus tard par celui du Mont-Blanc, et dont la création est due de toutes pièces à l'énergique ténacité de Janssen.

Parmi ceux que leur originalité naissante désignerait pour être des maîtres, il en est dont l'inaptitude au combat de chaque jour fait rapidement des vaincus et qui se contentent d'accueillir avec le dédain d'un sourire attristé les coalitions sournoises que soulève parfois leur talent. Janssen n'était pas de ceux-là : il fut toute sa vie un rude « struggle for lifer » et, s'il connut à ses débuts la dure rançon de haine que paient ceux qui se permettent de ne pas avoir du talent avec modération, le succès, du moins, finit toujours par lui sourire.

Car il avait compris qu'il est, dans les sciences expérimentales, quelque chose de non moins utile que le talent : les instruments du travail; il avait compris que, plus que toute autre peut-être, l'Astronomie garde jalousement ses secrets et qu'il faut une clef d'or pour en pénétrer le mystère. Et c'est pour cela qu'il voulut de toute son énergie et orna de tout son cœur cet observatoire de Meudon qui réserve encore à la Science de si beaux espoirs.

Faut-il déplorer que, dans ce temple merveilleux, élevé par lui à son dieu, le Soleil, Janssen ne se soit pas attaché à demeure la riche pléiade de jeunes savants dont un homme comme lui eût pu s'entourer? Peut-être devons-nous nous louer de ce « splendide isolement », s'il est vrai que, pour certains esprits, la méditation créatrice ne s'accommode que de la solitude, et qu'il soit bon parfois de s'abstraire des contingences pour savourer plus complètement l'âpre volupté de la recherche.

Digitized by Google

IV

Fils d'un musicien, petit-fils d'un architecte, Janssen eut toute sa vie une âme d'artiste. Son style était captivant, sa parole colorée et simple; il avait le talent d'un grand vulgarisateur, et, quand il exposait, devant un public charmé, les vérités profondes de l'Astronomie, dont l'austère beauté ne se laisse à l'ordinaire pénétrer que des seuls initiés, il en faisait résonner mélodieusement, dans l'âme des plus ignorants, toutes les harmonies.

L'érudition, chez lui, fut toujours inférieure à l'intuition, qu'il avait étonnamment subtile; car il fut un esprit analytique bien plutôt qu'un synthétique.

C'est à Janssen que l'Astrophysique doit d'être devenue une science; c'est à lui qu'elle doit d'être une science très française.

Ch. Nordmann,

Docteur ès-ciences,
Astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris.

LES VOIES FERRÉES DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE [1]

PREMIÈRE PARTIE : PROGRAMME GÉNÉRAL

I. — Historique.

La question de l'établissement de chemins de fer dans l'Afrique Occidentale française a été nettement posée, pour la première fois, par Faidherbe, en 1863, alors qu'il était gouverneur du Sénégal [2]. Dès cette époque, il conçut, en effet, le projet de réunir le Sénégal au Niger par une voie ferrée, et, dans ce but, il envoya dans le Haut Fleuve une mission dirigée par le lieutenant de vaisseau Mage et le chirurgien de la marine Quintin. L'ampleur d'un tel projet le rendait malheureusement irréalisable à l'époque où il prit naissance, et, au départ de Faidherbe (1865), il était abandonné par ses successeurs.

En 1879, M. de Freycinet, alors ministre des Travaux publics, institua une Commission pour l'étude des questions relatives à la jonction par le rail de l'Algérie et du Sénégal avec l'intérieur du Soudan. Ces questions se posaient à leur heure, puisqu'une politique d'expansion coloniale africaine était en même temps inaugurée par le Gouvernement, sans que celui-ci se rendit, d'ailleurs, un compte exact de la grandeur et surtout des difficultés de l'entreprise dans laquelle il s'engageait. En fait, celle-ci a été poussée jusqu'au bout, le plus souvent grâce à l'initiative d'officiers aventureux et du Comité de l'Afrique française, plus ou moins appuyés ou contrariés, suivant les hasards de la politique, par les divers ministères qui se sont succédé depuis 1880.

Quoi qu'il en soit de ces considérations historiques, les travaux de la Commission précitée aboutirent, en ce qui concernait la jonction du Soudan avec l'Algérie, à l'envoi de la Mission Flatters, dont on connaît la fin tragique à Bir Tadjenout (1881), alors qu'elle était sur le point de déboucher dans l'Aïr. Interrompues depuis cette époque, les études d'un Transsaharien n'ont pas été reprises depuis lors, bien que la pacification du Sahara apparaisse maintenant comme définitive et que plusieurs personnalités éminentes, entre autres M. Paul Leroy-Beaulieu, continuent à préconiser l'établissement de cette voie ferrée.

Relativement au problème de la jonction du Sénégal avec l'intérieur, la Commission précitée le séria très sagement en trois projets d'importance et d'urgence différentes. Tout d'abord, et étant données les difficultés de l'entrée du Sénégal, la Commission proposa de réunir Saint-Louis avec Dakar, dont le port était accessible en tout temps. La solution de cette question fut rapide et la ligne dont il s'agit, concédée le 30 octobre 1880 à la Société des Batignolles, était ouverte à l'exploitation le 18 janvier 1886.

Une deuxième section devait être établie, en un point à déterminer sur la ligne précédente, et rejoindre Médine sur le Haut Sénégal; mais on décida d'en ajourner la construction jusqu'au moment où le développement du trafic mettrait en évidence l'insuffisance du fleuve comme moyen de transport régulier.

Enfin, la troisième section devait partir de

[1] Bibliographie : *Chemins de fer en Afrique Occidentale Française.* Trois volumes édités par les soins du Gouvernement général de l'A. O. F. à l'occasion de l'Exposition Coloniale de Marseille. Imprimerie Ed. Crété (Corbeil);

Rapports faits au nom de la Commission du Budget. (Chambre des Députés, années 1905-1906.) Chemins de fer des Colonies, par M. Jean Bournat, député;

Bulletin du Comité de l'Afrique Française. Notice relative au projet d'emprunt de l'Afrique Occidentale Française; Gorée, Imprimerie du Gouvernement général, 1906.

Journal Officiel de l'Afrique Occidentale Française, etc.

[2] On doit cependant signaler ici que, dès 1851, Pinet Laprade avait proposé de réunir par rail Saint-Louis à la baie de Dakar, où il était question d'établir un port.

Digitized by Google

Médine et atteindre le Niger vers Bamako. Les trois sections devaient être établies avec voie d'un mètre de largeur. Le colonel Brière de l'Isle, gouverneur du Sénégal, défendit chaleureusement le projet de cette troisième section et en fit commencer les études. Dès la même année (1879), plusieurs missions furent envoyées pour hâter la réalisation de ce programme; la plus importante fut celle du capitaine Galliéni, qui avait pour but la reconnaissance du tronçon Sénégal-Niger. Malheureusement, ces missions de reconnaissances ne furent pas suivies d'études topographiques préliminaires suffisantes, et, lorsque commencèrent les travaux, entrepris en vertu de la loi du 24 février 1881, qui décidait la construction du tronçon susvisé, l'insuffisance ou, pour mieux dire, l'absence de ces études se fit cruellement sentir. Il ne rentre pas dans le cadre de cette étude d'exposer en détail les diverses phases par lesquelles passèrent les travaux de construction de la ligne Sénégal-Niger, dont le terminus avait été reporté à Kayes, point extrême de la navigation des navires de haute mer à l'époque de la crue annuelle et situé à 12 kilomètres en aval de Médine. Nous rappellerons cependant qu'en 1884, à la suite de votes successifs de crédits s'élevant à un total de 23.988.490 francs, le Parlement, en présence des maigres résultats obtenus, refusait tous nouveaux subsides au chemin de fer en construction, et n'inscrivait plus au budget que les sommes nécessaires pour l'entretien et l'exploitation de la partie construite. Cependant, comme un matériel considérable restait inemployé à Kayes et que les progrès de notre pénétration au Soudan rendaient chaque jour plus impérieuse la solution du problème du ravitaillement de l'intérieur, les Commandants supérieurs, poussés par la force des choses, entreprirent de continuer la voie ferrée, et, en 1887, celle-ci arrivait à Bafoulabé (132 kilom.) et était même prolongée un peu plus tard dans la vallée du Bakhoy, par deux tronçons successifs de 0m,60 et de 0m,50 de largeur.

En 1888, le service du chemin de fer était militarisé par le commandant Archinard et confié au capitaine Klobb, de l'artillerie de marine. Pendant les quatre années qui suivirent, on rectifia le tracé primitif et on améliora la voie. Enfin, en 1892, le service du chemin de fer fut repris par un détachement du régiment des chemins de fer (5e génie). L'année précédente, le sous-secrétariat d'État des Colonies, frappé des services rendus par le tronçon existant, avait repris à nouveau le projet de son prolongement et envoyé une Mission commandée par le chef de bataillon du génie Marmier, dans le but d'étudier le tracé de la voie entre Bafoulabé et Kita. L'année suivante (1892-1893), la Mission Joffre étudiait à son tour la section Kita-Bamako.

Les résultats de ces études démontrant nettement la possibilité de construire la ligne Kayes-

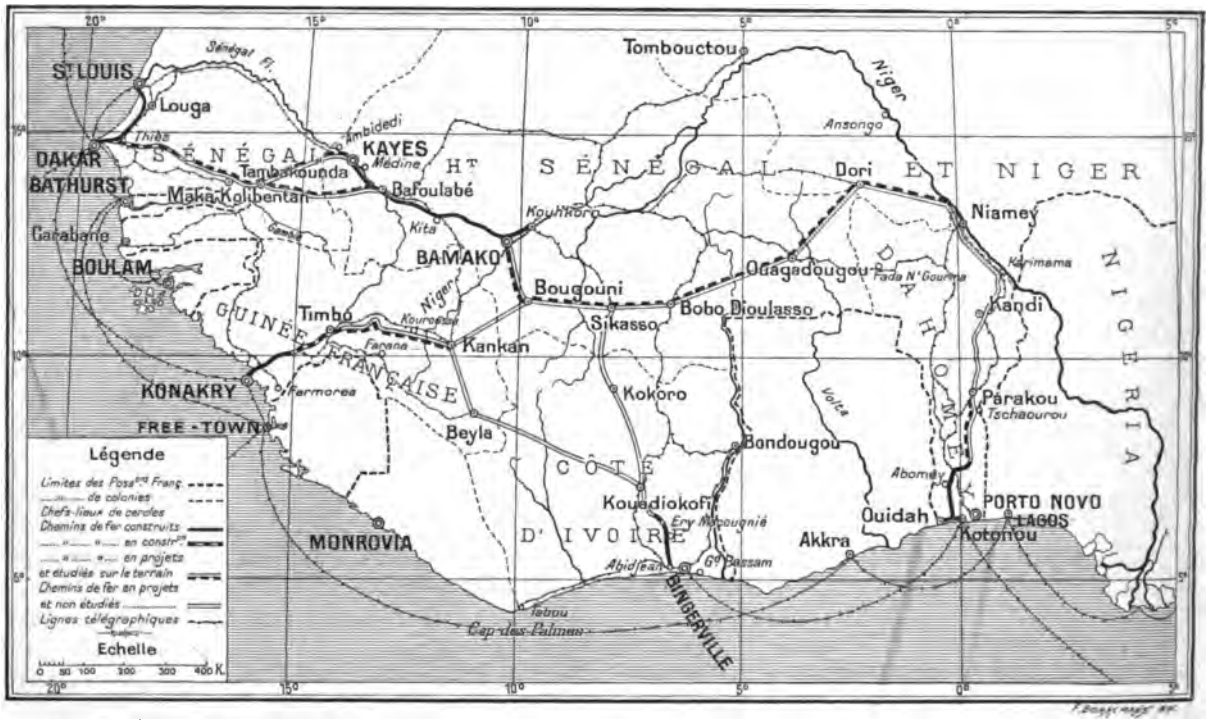


Fig. 1. — *Ensemble des lignes ferrées de l'Afrique Occidentale française.*

Digitized by Google

Niger, dans des conditions relativement économiques, à la condition d'organiser rationnellement les chantiers, le Parlement se décidait (1894) à accorder de nouveau des crédits pour le prolongement de la voie. Dès lors, les travaux avançaient régulièrement sous l'habile direction du général Rougier, de l'arme du génie, et malgré quelques à-coups dus à des cas de force majeure, comme l'épidémie de fièvre jaune de Saint-Louis (1900) et la faiblesse de la crue du Sénégal en 1902, la ligne Kayes-Koulikoro était livrée à l'exploitation sur sa longueur totale (553 kilom.), le 10 décembre 1904.

Si nous nous sommes, malgré tout, quelque peu attardé sur l'historique du chemin de fer du Soudan, c'est pour montrer l'influence néfaste exercée sur la marche d'une entreprise coloniale par le manque d'études et de préparation des chantiers[1] et par le défaut d'esprit de suite, qui ne caractérise, hélas, que trop la mentalité française! L'expérience acquise sur la ligne Kayes-Niger n'a d'ailleurs pas été sans porter quelque fruit, et c'est en partie grâce à elle que les autres voies ferrées de l'Afrique Occidentale française ont pu être entreprises et exécutées dans des conditions économiques qui ont tout au plus été égalées dans les autres colonies étrangères africaines sises entre les tropiques.

On n'a d'ailleurs songé à ouvrir les chantiers de ces autres voies ferrées qu'après que la bonne marche de ceux de la ligne du Soudan (et aussi de la ligne du Congo belge) eût montré, à partir de 1895, la possibilité d'exécuter, avec la seule main-d'œuvre indigène, les chemins de fer de pénétration, dont l'établissement était la condition *sine qua non* du succès de toute entreprise de colonisation africaine.

La construction de la ligne Dakar-Saint-Louis ne pouvait, en effet, fournir à ce sujet que des enseignements peu précis, puisque, réunissant deux points accessibles par mer, elle ne constitue pas, à proprement parler, une ligne de pénétration, et pouvait être établie en partant de ses deux extrémités. Enfin, la proximité relative de l'Europe et la facilité des communications avec la métropole, la douceur et la salubrité relatives du climat pendant une partie de l'année et, par-dessus tout, la simplicité du tracé, créaient, à l'entreprise chargée des travaux de la ligne, des facilités exceptionnelles. Elle put ainsi faire un assez large usage de la main-d'œuvre étrangère (marocaine et italienne). A noter, d'ailleurs, qu'on trouve au Sénégal une main-d'œuvre déjà quelque peu exercée, qui a été largement employée au Congo belge et dans nos autres colonies de l'Afrique tropicale.

Ainsi donc, dès 1895, la preuve était faite qu'on pouvait mener à bien une entreprise de construction de voie ferrée dans l'Afrique Occidentale, à la condition de suivre certaines méthodes de travail bien définies et déjà expérimentées avec succès au Soudan français et au Congo belge. A cette même époque, les progrès de l'occupation française dans l'hinterland de nos colonies côtières et le rapide essor économique de celles-ci, joints à la nécessité de la mise en valeur des territoires nouvellement acquis, décidaient les gouverneurs de ces colonies à envisager la construction de voies ferrées de pénétration dans chacune d'elles. C'est ainsi, qu'en 1894, le gouverneur Ballay confiait au capitaine du génie Salesses une Mission ayant pour but l'étude d'une route partant de Konakry et aboutissant à Farana sur le Haut-Niger. La route étudiée devait être susceptible de recevoir ultérieurement une voie Decauville. Cette Mission (novembre 1895 à juin 1896) démontra qu'il était possible d'établir une voie ferrée à travers le massif montagneux du Fouta-Djallon, sans grands ouvrages d'art, et que cette solution était même beaucoup plus avantageuse que celle qui consistait dans l'établissement d'une simple route, en raison de l'extension croissante du commerce de la colonie. Devant ces conclusions, et le Fouta-Djallon ayant été sur ces entrefaites annexé définitivement à la colonie, la Guinée décidait de poursuivre les études relatives à l'établissement d'une voie ferrée. Cette Mission, confiée de nouveau au capitaine Salesses, dura d'octobre 1896 à juin 1897 et précisa les résultats précédemment acquis. Le point d'aboutissement au Niger était seul changé et reporté à Kouroussa, en aval des rapides de Bafara et à l'origine d'un bief navigable de 350 kilomètres de longueur aboutissant à Bamako. En 1899, l'avant-projet était établi et comportait l'établissement d'une ligne à voie d'un mètre reliant Konakry à Friguiagbé, Timbo et Kouroussa; le tracé avait un développement de 680 kilomètres. Le 22 juillet 1899, le Comité des Travaux publics des colonies donnait un avis favorable à l'approbation et à l'exécution de cet avant-projet et, par décret du 14 août suivant, la colonie était autorisée à contracter un emprunt en vue de l'exécution des travaux, encore actuellement en cours.

En 1898, la Côte d'Ivoire suivait à son tour l'exemple de la Guinée, et, le 16 décembre de la même année, le capitaine Houdaille débarquait à Grand-Bassam pour y étudier l'avant-projet d'un chemin de fer reliant la côte au Baoulé. Le tracé devait traverser l'épaisse forêt qui sépare le littoral

[1] Il n'est pas inutile de remarquer que la construction du chemin de fer du Congo passait de 1890 à 1894 par des phases à peu près analogues.

Digitized by Google

de la brousse soudanaise, constituant ainsi une barrière impénétrable à l'expansion commerciale de la région de Kong. L'avant-projet étudié par le capitaine Houdaille[1] comportait un tracé ayant son origine à Grand-Bassam; mais, par suite de l'importance prise par Petit-Bassam (Port Bouët) et du transfert de la capitale à Bingerville, près d'Abidjean, une deuxième Mission, sous les ordres du capitaine Crosson-Duplessis, arrêta les bases de l'avant-projet d'une ligne partant d'Abidjean pour aboutir à Ery-Macougnié. Cette Mission poussa, en outre, des reconnaissances vers le Baoulé, en suivant la direction où la grande forêt présente le moins d'épaisseur. Les ressources nécessaires à l'exécution de la ligne Abidjean-Ery-Macougnié ont été fournies par l'emprunt de 65 millions contracté par le Gouvernement général de l'A. O. F. en vertu de la loi du 5 juillet 1903, et l'ouverture des travaux autorisée par le décret du 6 novembre 1903.

Presque simultanément, le Dahomey procédait de son côté à l'étude d'une voie partant de Kotonou et se dirigeant, par Abomey, Atcheribé, Paouignan, Tchaourou et Parakou, vers le Niger, qui devait être atteint aux environs de Karimama. Cette étude, entreprise par le Commandant Guyon, du Génie, était terminée fin 1899, et le décret du 26 juin 1900 accordait à la Compagnie française des chemins de fer du Dahomey la concession, pour une durée de 75 ans, du chemin de fer de Kotonou à Tchaourou, avec embranchement de Pahou à Ouidah. La convention faisant l'objet du décret précité admettait le principe de concessions territoriales complètes accordées à la Compagnie, laquelle exécutait les travaux de superstructure et était chargée de l'exploitation de la ligne moyennant une subvention. Les travaux d'infrastructure restaient à la charge de la Colonie. La mise à exécution de cette convention a donné lieu à des difficultés d'application considérables, qui ont motivé un nouvel arrangement, sanctionné par le décret du 29 août 1904.

Il résulte des considérations précédentes que l'établissement des diverses voies ferrées dont nous venons d'esquisser l'historique, bien que découlant obligatoirement de la structure géographique et de la situation économique des colonies qu'elles devaient desservir, était en quelque sorte indépendant de toute conception d'ensemble, visant la construction d'un réseau destiné à relier entre elles les diverses parties de l'A. O. F. On ne saurait, d'ailleurs, s'en étonner; car, à l'époque où ont été conçus les projets des lignes susvisées, certaines régions de l'intérieur étaient encore peu ou point connues, et, si l'unité politique était assurée par la création d'un Gouvernement général siégeant à Dakar, il était loin d'en être de même de l'unité de direction administrative. Le Gouvernement général était, en effet, dépourvu de budget autonome et ne possédait, d'ailleurs, pas la plupart des organes centraux nécessaires à l'élaboration et à la mise au point de conceptions d'une telle envergure.

Ce n'est que dans ces dernières années, et par une conséquence toute logique de la réalisation, par M. le Gouverneur général Roume, de l'unité de direction dont nous parlions plus haut, qu'on a été amené à envisager la constitution d'un vaste réseau ferré comprenant, outre les lignes actuellement existantes ou en construction, d'autres ayant pour but la jonction des diverses colonies entre elles.

II. — Programme actuel.

Le document officiel administratif dans lequel apparaissent nettement, pour la première fois, les grandes lignes du futur réseau de l'A. O. F. est, à notre connaissance, la carte schématique insérée dans la notice relative au Projet d'emprunt de 100 millions, émanant du Gouvernement général de l'A. O. F.

Si l'on examine cette carte, on y voit tracée une artère maîtresse partant de Dakar pour aboutir à Niamey par Thiès, Kayes, Bamako, Bobo-Dioulasso, suivant un tracé qui, à partir de Kayes, est très sensiblement parallèle à la portion de côte du Continent Africain comprise entre l'embouchure de la Gambie et Kotonou. A cette grande artère viennent se rattacher les prolongements des chemins de fer en construction de la Guinée, de la Côte d'Ivoire et du Dahomey, qui ont une direction perpendiculaire au littoral. Enfin, une autre ligne, se détachant du chemin de fer de la Guinée à Kouroussa, suivrait à peu près la lisière nord de la grande forêt tropicale pour se réunir au chemin de fer de la Côte d'Ivoire, près du N'zi, à la hauteur de Toumodi.

Ainsi donc, et grâce à la construction du tronçon Thiès-Kayes et de la ligne Bamako-Niamey, les lignes de pénétration des diverses colonies seraient réunies entre elles et à Dakar. L'établissement d'un tel réseau contribuerait, certes, puissamment au développement économique de l'A. O. F.; mais, par ailleurs, il est non moins certain qu'il servirait également à asseoir de la manière la plus solide notre domination politique dans ces vastes pays, gardés actuellement par quelques compagnies de tirailleurs ravitaillées à grands frais. Examinons maintenant la situation d'ensemble du réseau en question.

[1] Houdaille : *Le chemin de fer et le Port de la Côte-d'Ivoire.* Berger-Levrault, 1905.

Digitized by Google

A l'heure actuelle, la partie en exploitation est constituée par les lignes suivantes :

Dakar à Saint-Louis	264	kilom.
Kayes au Niger	553	—
Chemin de fer de la Guinée :		
Tronçon Konakry-Konkouré	253	—
Chemin de fer de la Côte d'Ivoire :		
Tronçon Abidjean-Ery Macougnié	80	—
Chemin de fer du Dahomey :		
Ligne de Kotonou à Segboroué	58	—
Tronçon Pahou-Paouignan	168	—
Soit, au total	1.376	kilom.

auxquels il conviendrait d'ajouter les quelques quarante kilomètres du tramway à vapeur de Porto-Novo à Sakété, également établi à voie d'un mètre.

D'autre part, les lignes en construction ou qui ont fait l'objet d'études ayant abouti à l'établissement d'un avant projet, sont les suivantes :

Thiès-Kayes	670	kilom.
Bamako-Niamey	1.432	—
Chemin de fer de la Guinée :		
Tronçon Konkouré-Kouroussa	342	—
Chemin de fer de la Côte d'Ivoire :		
Ery Macougnie au N'Zi	115	—
Chemin de fer du Dahomey :		
Paouignan à Parakou	246	—
Total	2.815	kilom.

Il ne sera pas question ici de la ligne bordière de la grande forêt, qui, à l'heure actuelle, n'est pas encore sortie de la période de conception proprement dite, eu égard à l'ignorance où l'on se trouve encore de la topographie d'une partie des régions traversées. On a annoncé, cependant, l'envoi en Guinée d'une Mission chargée de l'étude de la section Kouroussa-Kankan, qui servira vraisemblablement de tronc commun à la ligne précédente et au prolongement du chemin de fer Konakry-Kouroussa vers la grande ligne Dakar-Niamey.

Étudions les voies projetées, en écartant provisoirement les prolongements des lignes partant de Konakry, Abidjean et Kotonou, dont l'examen sera effectué ultérieurement, en même temps que celui des tronçons de ces lignes déjà en exploitation.

§ 1. — Ligne de Thiès-Kayes.

L'étude du tracé de cette voie a été faite en 1903 par une Mission placée sous les ordres du Colonel du génie Rougier et du Commandant Belle, de la même arme. Sur sa longueur totale de 670 kilomètres, il a pu être établi en adoptant la rampe fondamentale de 10 millimètres par mètre et des courbes d'un rayon minimum de 1.000 mètres (sauf pour trois d'entre elles qui ont : deux, un rayon de 500 mètres, la troisième, un rayon de 300 mètres).

Les ouvrages d'art sont peu nombreux et ne comportent guère que le pont sur la Falémé, de 225 mètres de longueur, deux ponts de 50 mètres et quatre ponts de 25 mètres.

Le point de départ de la ligne est fixé à Thiès, à l'endroit où le chemin de fer Dakar-Saint-Louis quitte la direction Ouest-Est pour monter vers le Nord-Est. Le rail dessert ensuite le région habitée et cultivée du Baol, en se tenant en dehors de la zone d'action de la rivière Saloum. Il coupe ensuite le cours supérieur de cette rivière et rejoint le bassin de la Gambie, dont il traverse plusieurs affluents. Remontant alors vers le Nord-Est, à partir de Tamba-Kounda, la ligne pénètre dans le bassin du Sénégal, franchit la Falémé en aval de Sénoudébou et rejoint le Sénégal à Ambidedi, en amont du dernier seuil rocheux du fleuve, que la voie longe jusqu'à Kayes.

En évaluant la dépense kilométrique totale à 66.000 francs, le coût total d'établissement de la ligne serait d'environ 45 millions, chiffre que le Comité des Travaux Publics des Colonies a cru devoir majorer d'un neuvième en le portant à 50 millions.

Étant données les conditions d'établissement du tracé que nous avons données plus haut : ($i < \frac{10}{1.000}$, R > 1.000 mètres) et l'échantillon de la voie adoptée (rails de 25 kilogrammes au mètre courant, traverses en acier doux du système Ponsard et Boyenval, en usage sur le Kayes-Niger), la ligne Thiès-Kayes pourrait donc aisément faire face à un trafic intense, dépassant de beaucoup les exigences de l'état économique actuel du pays. Le tracé adopté donne, d'ailleurs, toute satisfaction aux intérêts commerciaux existants, puisqu'il dessert Kayes, l'entrepôt commercial du Haut Sénégal, et qu'il remédie en quelque sorte partiellement aux difficultés de navigation du Sénégal, en longeant ce fleuve depuis Ambidédi, où se trouve le dernier grand seuil rocheux d'aval, jusqu'à Kayes. Il résulte, en effet, de cette particularité que, dès que la baisse des eaux se sera accentuée, de manière à interdire aux bateaux fluviaux le franchissement des seuils d'Ambidédi et de Tambokané, ceux-ci pourront encore s'arrêter devant le premier de ces barrages et y opérer le transbordement sur wagon de leur chargement. Actuellement, et dans les mêmes circonstances de crue, les navires s'arrêtent à Bakel (126 kilomètres de Kayes) pour y déposer leur chargement sur la berge, chargement qui est ensuite repris par des chalands à destination de Kayes. On peut évaluer à environ 15 francs par tonne le coût de ce transbordement et du changement de moyen de transport, sans préjudice des détériorations résultant du dépôt des marchandises sur la berge. Fort sagement, et afin de remédier à ces inconvé-

Digitized by Google

nients dans le plus bref délai possible, on avait donc décidé de classer en première urgence la construction du tronçon Kayes-Ambidédi.

Les choses en étaient là, et tout permettait d'espérer qu'on passerait avant peu à l'exécution de ce tracé rationnel et d'ailleurs étudié avec le plus grand soin, lorsque, dernièrement, tout s'est trouvé remis en question de la manière la plus inopinée.

D'après les renseignements que nous avons pu recueillir au sujet de ce revirement inattendu, on objecterait au tracé actuel d'allonger inutilement de 80 kilomètres la longueur du parcours entre Dakar et Bamako. En conséquence, et étant donnée l'importance du trafic de la vallée du Niger, on se proposerait de substituer, au tracé étudié par le colonel Rougier, un tracé qui suivrait le premier jusqu'à Tamba-Kounda dans le bassin de la haute Gambie, mais s'en détacherait à partir de ce village, pour rejoindre la ligne Kayes-Niger dans les environs de Mahina, à l'endroit où celle-ci traverse le Bafing.

Nous avouons ne pas très bien saisir les avantages de cette modification. Il faut, en effet, remarquer qu'elle aura tout d'abord pour conséquence d'augmenter d'une manière appréciable le nombre des kilomètres à construire (40 au minimum); de plus, la nouvelle ligne devant traverser le massif montagneux du Bambouk, situé entre le Bafing et la Falémé, il est certain, étant donnée la nature accidentée de cette région, qu'on sera amené à accepter des rampes d'au moins 25 millimètres et des courbes de faible rayon. Même dans cette hypothèse, il est probable que les travaux de roctage auxquels on sera obligé d'avoir recours pour l'établissement de la voie augmenteront d'une manière très sensible les dépenses de construction de celle-ci sur les 80 kilomètres de longueur que comporte la traversée du Bambouk. En tenant compte de ces divers facteurs, on peut, sans erreur notable, évaluer à une dizaine de millions l'augmentation de dépense entraînée par la modification dont il s'agit. Admettons ce chiffre; il en résultera pour l'A. O. F. une charge annuelle additionnelle qui, intérêt et amortissement compris, sera d'environ 350.000 fr. Si, maintenant, on ajoute à cette somme : 1° les dépenses résultant de l'exploitation des 40 kilomètres supplémentaires[1] dont l'existence découle *ipso facto* de l'adoption du nouveau tracé et du maintien en service du tronçon ayant son terminus à Kayes; 2° les frais supplémentaires de traction imposés par le profil accidenté de la nouvelle ligne, on voit qu'on peut estimer à un minimum de 500.000 francs la dépense additionnelle qu'entraînerait pour le budget de l'A. O. F. la mise à exécution de la variante que nous venons de décrire. Pour que les économies de frais de traction procurées par le raccourcissement de 80 kilomètres sur la distance Thiès-Bamako pussent compenser cette charge, il faudrait, en décomptant ceux-ci à raison de 0,06 par kilomètre, que le trafic global correspondant fût par conséquent égal à $\frac{500.000}{0,06 \times 80}$, soit 100.000 tonnes au minimum.

Or, si l'on réfléchit que le trafic global Kayes-Niger, rapporté à la longueur totale de la ligne, n'est que de 12.000 tonnes à l'heure présente, et que ce tonnage est pour la plus grande partie constitué par des matières pondéreuses qui continueront toujours à emprunter la voie du fleuve, on voit à quel lointain avenir se rapporte la justification économique de la conception Thiès-Mahina. Cette raison n'est, d'ailleurs, pas la seule à mettre en avant; le trafic local de la région de Kayes est, en effet, loin d'être négligeable; or, il est bien évident que le nouveau tracé, ayant pour effet d'allonger de 160 kilomètres la distance séparant Kayes de Dakar, majorera beaucoup le prix de revient des marchandises transportées par rail de la côte à la première de ces deux villes; ce même allongement favorisera donc singulièrement la concurrence fluviale, d'autant plus que le nouveau tracé ne permettra pas de capter, en fin de crue, le tonnage qui aurait quitté le fleuve à Ambidédi pour prendre le rail jusqu'à Kayes.

Toutes les déductions des partisans de la nouvelle variante supposent, d'ailleurs, que le raccourcissement kilométrique imputable au nouveau tracé correspond à une diminution sensible des frais d'exploitation; or, ce point même est plus que douteux, étant données les difficultés de tracé dans la région du Bambouk.

D'autre part, on ne doit pas perdre de vue que les tarifications applicables aux transports entre la côte et la vallée du Niger, c'est-à-dire sur une distance de 1.200 kilomètres, seront généralement des tarifs de bout en bout ou largement dégressifs, dont l'application est, dans la pratique, indépendante dans une assez large mesure de la distance réelle par rail.

Enfin, et si l'on vise à tout prix un raccourcissement kilométrique de la voie Thiès-Bamako, en faisant abstraction des contingences financières et économiques, la jonction avec le Kayes-Niger devrait s'effectuer non à Mahina, mais à Kita. On réaliserait de la sorte, par rapport au nouveau tracé à l'étude, les avantages suivants :

1° Le raccourcissement total serait porté de 80 à 120 kilomètres;

2° On desservirait de nouvelles régions présen-

[1] Décomptés à raison de 3.000 francs par kilomètre pour un trafic annuel de 15.000 tonnes.

Digitized by Google

tant des ressources économiques appréciables (cercle de Satadougou-Gangaran), et l'on passerait à proximité du Bambouk, qui pourrait être facilement desservi, dans le cas où ses richesses aurifères seraient susceptibles d'entrer dans la période de l'exploitation industrielle.

Quoi qu'il en soit, et nous en tenant aux considérations exposées plus haut, nous estimons que, pour l'instant, le seul tracé rationnel d'une ligne Dakar-Bamako est celui choisi par M. le gouverneur général Roume en 1903 et passant par Kayes. L'amélioration du rendement économique de cette grande voie devra être cherchée bien plus utilement dans l'amélioration du profil actuel de la ligne Kayes-Niger, en certains de ses points, que dans un raccourcissement du 1/15 de la longueur totale, impliquant l'adoption de rampes de 25 millimètres.

Les dix millions de dépenses supplémentaires entraînées par l'établissement du Thiès-Mahina permettraient, en effet, s'ils étaient affectés à l'amélioration du Kayes-Niger, de ramener de 25 à 15 millimètres la rampe fondamentale de cette ligne, c'est-à-dire de doubler la puissance de transport de celle-ci pour un même chiffre de dépenses de traction. Remarquons, en terminant, que, les trois tracés ci-dessus ne divergeant qu'à partir de Tamba-Kounda, les relations avec la Gambie seraient assurées quel que soit celui de ces trois tracés auquel serait donnée la préférence.

§ 2. — Ligne Bamako-Niamey.

Nous avons dit que la grande artère Dakar-Bamako devrait être prolongée ultérieurement de cette dernière ville jusqu'à Niamey, en passant par Bougouni, Sikasso, Bobo-Dioulasso, Boromo, Ouagadougou et Dori. D'après les renseignements que nous avons pu recueillir à ce sujet, le tracé aurait un développement de 1.432 kilomètres et comporterait des rampes maxima de 25 millimètres par mètre, avec des courbes d'un rayon minimum de 300 mètres. Il est d'ailleurs possible que le terminus oriental de la ligne soit changé d'ici à l'époque, sans doute encore assez lointaine, où pourront être ouverts les chantiers du chemin de fer en question. Actuellement, Niamey n'est encore, en effet, qu'un centre administratif dépourvu d'installations permanentes et qui ne doit son importance qu'au fait d'être la tête de ligne de ravitaillement de la région de Zinder et du Tchad.

Lorsque la frontière franco-anglaise de la région du Sokoto et du Djerma aura été définitivement abornée, il est à prévoir que la tête de ligne en question pourra être déplacée un peu au sud de Niamey. Il y aurait peut-être également avantage à déplacer, à partir de Ouagadougou, le tracé ci-dessus, de manière à faire passer le rail par Fada N'Gourma au lieu de Dori.

On réaliserait ainsi un raccourcissement notable de la voie ferrée, et le nouveau tracé aurait, de plus, l'avantage de desservir une région plus populeuse que celle de Dori.

§ 3. — Ordre d'urgence des lignes à construire.

La loi du 22 janvier 1907, qui a autorisé le Gouvernement général de l'A.O.F. à emprunter 100 millions, a, en outre, fixé ainsi qu'il suit les voies à construire et les crédits à affecter à leur établissement :

Chemin de fer de la Guinée		30.000.000
Chemin de fer de la Côte d'Ivoire		22.000.000
Chemin de fer du Dahomey		13.000.000
Thiès-Kayes.	Tronçon Thiès-N'Gahaye	10.000.000
	Tronçon Kayes-Ambidèdi	3.500.000

Le vaste projet conçu par M. le gouverneur général Roume, et dont nous venons d'esquisser les grandes lignes, entre donc au moins partiellement dans la période d'exécution. Mais, bien que ses diverses parties répondent à des besoins incontestables, il est permis de se demander si l'ordre d'urgence dans lequel elles ont été classées est bien celui qu'exigent les nécessités économiques de l'heure présente.

Pour nous former une opinion à cet égard, il convient d'examiner la situation actuelle des diverses colonies composant le groupement de l'A.O.F.

En ce qui concerne le Sénégal, on sait qu'il tire ses principales ressources de la culture des arachides, auxquelles le sol sablonneux et dénué d'ombrages du Cayor convient à merveille. La création de la voie Saint-Louis-Dakar n'a d'ailleurs pas peu contribué à développer cette culture[1], dont les produits alimentent pour la presque totalité l'exportation du port de Rufisque et fournissent le tiers des recettes de la ligne précitée. La construction du tronçon Thiès-N'Gahaye, qui traversera, sur 150 kilomètres de longueur, les fertiles régions du Baol, ne pourra que développer encore la production de cette graine oléagineuse, dont les débouchés sont pratiquement illimités, et il est à prévoir que l'exploitation de cette partie du Thiès-

[1] Recettes faites par le Dakar-Saint-Louis au titre du transport des arachides (petite vitesse) de 1886 à 1905 :

1886	104.928 fr.	1896	440.342 fr.
1887	101.561	1897	406.471
1888	233.336	1898	569.432
1889	230.176	1899	639.463
1890	187.023	1900	994.138
1891	238.156	1901	1.065.449
1892	398.015	1902	543.589
1893	469.217	1903	807.009
1894	498.177	1904	732.358
1895	372.288		

Digitized by Google

Bamako sera assez rémunératrice pour couvrir, à bref délai, non seulement les frais d'exploitation, mais encore le loyer du capital affecté à la construction.

L'établissement de cette ligne, envisagée au point de vue du seul trafic local et abstraction faite du transit Dakar-Niger, s'impose donc dès à présent, puisqu'il n'en résultera aucune charge budgétaire, même temporaire. Toutefois, et si l'on considère le rôle primordial joué par la ligne Thiès-Kayes dans l'économie générale de l'A.O.F., on peut affirmer que ce n'est pas telle ou telle partie de cette ligne qui est à construire dès à présent, mais bien cette ligne tout entière, à l'exclusion de toute autre.

La colonie du Haut Sénégal et Niger a, en effet, pris un essor considérable dans le cours de ces dernières années, et, dès à présent, le transport des laines et des peaux de la vallée du Niger, celui du caoutchouc de la boucle et des arachides cultivées le long de la voie, fournissent au chemin de fer Kayes-Niger des éléments de trafic importants à la descente. Il en est de même à la montée pour le sel, le charbon, les matériaux de construction et les marchandises européennes de toute nature.

Le développement du trafic est tel que, malgré les réductions importantes de tarifs qui ont été opérées dans ces derniers temps, il est vraisemblable que les recettes couvriront non seulement la totalité des dépenses d'exploitation, mais encore le loyer du capital engagé dans la construction de la ligne.

La ligne Kayes-Niger est, d'ailleurs, prolongée vers la côte par le Sénégal, et vers l'intérieur, d'une part par le grand bief navigable du Niger, qui commence à Koulikoro pour se terminer 1.400 kilomètres plus loin à Ansongo, d'autre part par le bief Bamako-Kouroussa dont il a été parlé précédemment. La voie ferrée en question fait donc partie intégrante d'un réseau de voies de communication de 3.200 kilomètres de développement, qui n'est relié au littoral, c'est-à-dire à l'Europe, que par le Sénégal.

Or, ce dernier fleuve a, comme tous les fleuves tropicaux, un régime éminemment variable, caractérisé par un débit qui, en aval de Bakel, peut osciller de 5 mètres cubes par seconde en mai à 20.000 mètres cubes fin août. En fait, il n'est accessible à la navigation que pendant une période restreinte et variable de trois mois, pour les vapeurs fluviaux et les chalands de 200 tonnes, à trois semaines en moyenne, pour les navires de haute mer ne calant pas plus de 5 mètres. Que, par suite d'une sécheresse anormale comme il s'en est produit en 1902[1], la crue du fleuve ne se produise point, et le commerce entier du Soudan peut se trouver, sinon suspendu, du moins considérablement entravé. Il en serait évidemment de même pour le ravitaillement des troupes, non seulement du Soudan, mais encore de la région du Tchad.

Une telle éventualité, encore admissible en 1902, à une époque où le commerce du Soudan venait à peine de naître, ne saurait être envisagée aujourd'hui, où le mouvement global d'affaires de ces régions paraît atteindre au moins 20 millions.

Avant de créer une vie commerciale nouvelle dans les profondeurs de la boucle du Niger, il importe avant tout d'assurer le maintien de celle qui y existe déjà depuis quelques années. En se plaçant dans le domaine du relatif, on peut donc dire que, si les autres voies ferrées projetées sont utiles, le Thiès-Kayes est indispensable.

Or, la loi du 22 janvier 1907, qui alloue 13.500.000 fr. pour la construction des deux tronçons Thiès-N'Gahaye et Kayes-Ambidédi, consacre, en outre, une somme de 30.000.000 de fr. au prolongement du chemin de fer de la Guinée, du col de Koumi (308 kilom.) à Kouroussa (570 kilom.).

Si l'on observe : 1° que la région de Timbo à Kouroussa est peu habitée; 2° que les pays populeux et riches de Kankan et du Kissidougou ont des relations fluviales faciles avec Bamako; 3° que, le sel excepté, leur commerce ne consiste pour l'instant qu'en un échange de marchandises ou produits très riches (tissus, caoutchoucs, kolas), pouvant supporter aisément des frais de transport même élevés, alors qu'une notable partie des produits transitant actuellement par Bamako sont des marchandises pondéreuses (matériaux de construction, arachides, karité), dont la possibilité d'importation ou d'exportation est liée à de faibles modifications de tarif, on se rend aisément compte, en ayant égard aux considérations précédentes, que la construction du tronçon Timbo-Kouroussa se classe, sans conteste, au point de vue de l'urgence, après celle du Thiès-Kayes.

Cette conclusion admise, et en consacrant les 30 millions devenus libres de ce chef à la jonction N'Gahaye-Ambidédi, on voit qu'il suffirait d'un sacrifice supplémentaire de 2 ou 3 millions pour parachever complètement le Thiès-Kayes. Ces quelques millions pourraient, d'ailleurs, être facilement trouvés dans les crédits affectés à l'amélioration du Sénégal, l'utilisation permanente de celui-ci devant toujours être des plus aléatoires, en raison de l'extrême faiblesse de son débit pendant plusieurs mois consécutifs, notamment après les années de sécheresse.

En ce qui concerne le chemin de fer de la Côte d'Ivoire, il est évident que l'obligation impérieuse où se trouve cette colonie d'opérer la jonction de sa

[1] La crue de 1907 a été également très faible.

Digitized by Google

partie soudanaise avec la région côtière l'oblige à poursuivre à tout prix la percée de la grande forêt dont nous avons parlé précédemment; c'est, au surplus, le seul moyen de tirer parti des nombreuses richesses de cette dernière.

Les 22 millions accordés à cet effet par la loi du 22 janvier 1907 permettront vraisemblablement de prolonger la ligne en pays Agni, aussi près que possible de la limite sud du cercle de Kong, c'est-à-dire à un peu plus de 350 kilomètres d'Abidjean.

Relativement au Dahomey, l'achèvement intégral de son chemin de fer (c'est-à-dire son aboutissement au Niger) permettrait la mise en valeur du Borgou et des pays Baribas et procurerait, en outre, des économies notables au budget colonial en facilitant singulièrement le ravitaillement des régions de Zinder et du Tchad. On conçoit, cependant, qu'étant donné le rendement financier médiocre de la portion de ligne déjà construite et l'impossibilité de faire face, quant à présent, aux lourdes charges résultant de la construction de 500 nouveaux kilomètres, il ait été décidé de surseoir provisoirement à la construction de la ligne au delà de Savé (259 kilom.). On doit, d'ailleurs, observer que le terminus de la ligne coïncidera à peu près avec la limite de la zone de culture du palmier à huile, qui constitue la principale richesse de la colonie.

III. — Procédés de construction.

A l'exception du Dakar-Saint-Louis, dont nous avons fait ressentir plus haut les caractéristiques toutes spéciales de tracé, la construction des chemins de fer de l'A.O.F. a été jusqu'à présent presque exclusivement dirigée par des officiers du génie.

En outre, et sauf un essai, d'ailleurs malheureux, tenté lors de l'ouverture des chantiers du chemin de fer de la Guinée française, on a toujours eu recours, pour l'exécution des travaux, à la régie directe et non à l'entreprise. Ces particularités ont donné lieu à de vives critiques, qui ont trouvé un écho complaisant dans les rapports sur les chemins de fer coloniaux, faits en 1905 et 1906 au nom de la Commission du Budget par M. le député Bourrat.

Sur le premier point, — emploi d'officiers du génie dans la direction des travaux, — l'honorable représentant des Pyrénées-Orientales formule les accusations suivantes :

1° L'emploi des officiers du génie aurait eu des conséquences désastreuses au point de vue des résultats obtenus (Rapport pour 1906, page 8);

2° Ces mêmes officiers sont « embauchés à grands frais pour une tâche en vue de laquelle leur instruction n'a point été faite » (*Ibid.*, page 9).

La première de ces accusations n'est étayée d'aucuns faits précis, mettant à même le lecteur de se prononcer en toute connaissance de cause sur son bien fondé. Il est possible et même vraisemblable qu'on ait éprouvé des mécomptes assez sérieux au cours des travaux de chemins de fer entrepris en Afrique; mais il s'agit de savoir si ces mécomptes découlent de la nature même des choses ou de l'insuffisance technique du personnel directeur. Or, à cet égard et pour la seule de ces lignes qui soit terminée à l'heure présente, celle du Kayes-Niger, il résulte, de l'aveu même de M. Bourrat (Rapport pour 1905, page 65), que « les résultats obtenus sont en somme aussi brillants que ceux réalisés par les Anglais dans l'Ouganda. Ils sont très satisfaisants si l'on tient compte des causes retardataires et des conditions de main-d'œuvre ».

Par ailleurs, chacun sait les déboires de toute nature qui ont marqué les débuts des travaux du chemin de fer belge de Matadi au Stanley Pool, dirigés exclusivement par des ingénieurs civils du plus grand mérite.

La vérité à ce sujet, c'est que la construction des chemins de fer tropicaux africains est une œuvre hérissée de difficultés de toutes natures, dues à la rigueur du climat et à l'insuffisance qualitative et quantitative de la main-d'œuvre employée. A ces difficultés d'ordre général s'en joignent souvent d'autres d'ordre local. Ainsi, lorsque M. Bourrat signale, en le blâmant, le fait que les premiers tronçons des lignes du Dahomey et de la Côte-d'Ivoire n'ont été ballastés provisoirement qu'avec du sable (Rapport pour 1906, pages 63 et 73), il omet d'ajouter que le sol des régions côtières de ces deux colonies est, jusqu'à plus de 100 kilomètres de la côte, entièrement formé par des alluvions meubles ne contenant aucune pierre susceptible de fournir du ballast dur.

La deuxième des accusations précédentes est encore plus extraordinaire que la première, car il semblerait en résulter que le représentant des Pyrénées-Orientales ignore l'existence, en France, d'un régiment du génie dit « des chemins de fer », dont l'unique mission consiste à construire et à réparer les voies ferrées en temps de guerre. Chacun sait d'ailleurs que le personnel subalterne de cette unité est presque entièrement recruté dans celui des grandes Compagnies, que les officiers dirigent et surveillent toute l'année des manœuvres afférentes à leur rôle spécial (pose et dépose de voies, lancement de ponts, etc.), et qu'en outre ils sont exercés à la pratique et à la théorie des questions variées relatives aux tracés des chemins de fer de campagne. Enfin, et dans le but de perfectionner l'instruction de ce personnel au point de vue de l'exploitation des voies ferrées, on sait que le Ministère des Travaux publics lui a concédé

Digitized by Google

l'exploitation exclusive de la ligne d'Orléans à Chartres, qui appartient au réseau de l'État. Dire qu'un personnel ainsi dressé est inapte à la construction des chemins de fer constitue donc, à première vue, une assertion pour le moins fantaisiste. Hâtons-nous d'ajouter que, jusqu'à présent, elle ne semble avoir trouvé aucune créance, aussi bien dans l'esprit du Gouvernement que dans celui des personnes au courant des choses coloniales[1]. Il est d'ailleurs évident qu'à compétence technique égale, l'emploi exclusif d'un personnel militaire présente un avantage marqué sur celui d'un personnel civil, aussi bien au point de vue de la discipline qui règne aux divers échelons de la hiérarchie qu'à celui des économies notables qu'il permet de réaliser. Nous n'étonnerons, en outre, personne en disant qu'aux colonies, plus encore que dans la métropole, le favoritisme politique exerce ses ravages sans aucun souci des intérêts généraux du pays. Or, il est visible que ce fléau voit ici ses inconvénients réduits au minimum par l'emploi du personnel du régiment des chemins de fer. La question de la relève du personnel est, en outre, solutionnée très aisément dans le cas où l'on emploie des militaires.

Nous avons vu plus haut qu'on avait eu recours, d'une manière exclusive, à la méthode des travaux en régie pour la construction du réseau de l'A.O.F., alors que, dans la métropole, on s'adresse au contraire presque constamment à l'entreprise. Cette manière d'opérer a également donné lieu de la part de M. Bourrat à des critiques très vives (Rapport pour 1906, pages 4 et suivantes), et qui, bien que justifiées dans le cas de chantiers métropolitains, dénotent, par contre, une méconnaissance profonde des conditions d'organisation des chantiers dans l'Afrique tropicale. Voici, en effet, comment il s'exprime à cet égard :

« Pour l'exécution des grands travaux publics, deux méthodes s'emploient concurremment : l'entreprise et la régie. Dans la première, quand l'ingénieur chargé des études et travaux a, par une étude d'ensemble bien conçue et un plan général de travaux soigneusement élaboré, préparé la réalisation de l'œuvre, l'exécution s'en déroule avec une précision presque mathématique. L'art de l'ingénieur, la hardiesse et l'ampleur de ses conceptions trouvent dans l'expérience, l'initiative, l'activité, les intérêts mêmes des entrepreneurs, des garanties de succès, d'économie et de célérité. Dans la régie, au contraire, l'initiative de l'entrepreneur n'existe plus ; rien n'incite et ne passionne le personnel chez lequel la notion du devoir n'est plus stimulée par l'intérêt particulier. Aussi les résultats de l'application de ces deux méthodes contraires s'affirment, respectivement, avec une indéfectible régularité : alors que les travaux à l'entreprise sont menés rapidement, avec le minimum d'imprévu et des prix de revient réduits, les travaux en régie se traînent lentement, et la main-d'œuvre, mal employée, y fournit des ouvrages de confection médiocre aux prix les plus exagérés. »

Au point de vue métropolitain, on ne saurait certes mieux dire ; mais, comme nous le disons plus haut, il en va tout autrement au point de vue colonial africain. Alors, en effet, qu'en France la question de main-d'œuvre ne comporte, sauf le cas de grève, aucun aléa au point de vue de l'exécution des travaux, il n'en est pas de même en Afrique, où toute main-d'œuvre ne peut être fournie que par l'administration locale, et ce, le plus souvent, à l'aide d'une pression plus ou moins déguisée exercée sur la population indigène. Ajoutons qu'une fois sur les chantiers, le travailleur noir ne peut, en général, être payé à la tâche et doit, par conséquent, être l'objet d'une surveillance constante.

Cela posé, si l'on observe que la rigueur du climat implique l'emploi exclusif de l'ouvrier du pays et que le travail de l'entreprise n'est, en somme, qu'une fourniture forfaitaire de main-d'œuvre, on ne discerne plus très bien l'avantage d'avoir recours à un entrepreneur, puisque le recrutement de la main-d'œuvre employée par ce dernier doit tout d'abord être assuré par l'Administration. En fait, on pressent qu'une collaboration de cette nature doit avoir le plus souvent pour dénouement la résiliation à l'amiable du contrat d'entreprise ou une série de procès sans fin, motivés par les plaintes de l'entrepreneur, contre la quantité sinon la qualité de la main-d'œuvre qui lui est fournie par l'Administration.

L'expérience acquise à Madagascar, dans la Guinée française et dans les régions peu peuplées du Haut Tonkin a pleinement confirmé ces vues, et il demeure acquis que le travail en régie est le seul qui soit possible dans des contrées habitées par des populations aussi primitives que les peuplades noires de l'Afrique occidentale.

A ces différences essentielles dans les méthodes d'emploi de la main-d'œuvre en France et aux colonies s'en joignent d'autres, non moins importantes, relatives à l'organisation des chantiers.

Dans la métropole, le projet définitif une fois approuvé, on procède le plus souvent à l'ouverture simultanée des travaux de terrassement, sur la longueur totale du tracé, préalablement piqueté suivant son axe au moment de l'établissement du

[1] Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer ici que le chemin de fer de l'Ouganda a été construit par un directeur militaire, et que les chantiers du canal de Panama viennent d'être placés, par le président Roosevelt, sous l'autorité du génie de l'armée fédérale !

Digitized by Google

projet. La facilité des moyens de communication permet, en outre, d'entreprendre en même temps la construction de travaux d'art en un point quelconque de la future ligne, de manière à réaliser l'exécution des travaux de terrassement aussi économiquement que possible.

En Afrique, le manque absolu de routes ou de rivières navigables oblige, au contraire, de procéder à la construction de la ligne par avancement progressif à partir d'une seule de ses extrémités.

D'autre part, comme l'avant-projet étudié sur le terrain est le seul document directeur utilisable au moment de l'ouverture des chantiers, il convient de procéder à sa mise au point définitive, par l'envoi d'une brigade d'études constituant en quelque sorte la pointe d'avant-garde des travaux. En allant de celle-ci vers l'arrière, on rencontrera donc successivement divers groupes affectés aux tâches suivantes :

Brigade d'études;
Piquetage de l'axe;
Débroussement;
Terrassements;
Ouvrages d'art;
Pose de la voie.

En résumé, la méthode de travail usitée en Europe correspond, en gros, à un échelonnement dans le temps des diverses catégories de travaux à effectuer, tandis que la méthode africaine correspond à un échelonnement de ces mêmes travaux suivant la longueur de la ligne à construire.

Il va sans dire qu'on pourrait également noter nombre de particularités de travail motivées par la nature spéciale des régions traversées. Ainsi, pour ce qui est de l'exécution des terrassements, alors qu'en France on n'a qu'exceptionnellement recours aux emprunts et dépôts latéraux en raison des lourdes dépenses d'expropriation qu'ils entraîneraient, en Afrique occidentale, comme dans la plupart des colonies, ce procédé est, au contraire, de règle, étant donnée la non-valeur des terrains. Dans le creusement des tranchées importantes, on s'efforce bien entendu d'assurer l'égalité des déblais et des remblais; les tranchées seront toutefois toujours assez rares, en raison de l'extrême souplesse du tracé, résultant des conditions admises pour l'établissement des courbes et des rampes.

De son côté, l'organisation de la voie offre comme caractéristique l'emploi exclusif de traverses métalliques en acier doux (traverses Ponsard-Boyenval sur le Kayes-Niger, traverses dites Ménélik sur les lignes de la Guinée et de la Côte-d'Ivoire). La traverse en bois présente, en effet, le grave inconvénient d'être rapidement mise hors d'usage par les termites; de plus, dans les pays chauds et très secs, comme le sont la plupart des colonies de l'A.O.F., de novembre à mai, elles sont exposées à prendre feu au contact des escarbilles provenant du cendrier de la machine.

Au sujet du matériel roulant, on doit noter, en ce qui concerne les wagons à marchandises, une certaine tendance à l'emploi de wagons à grande capacité montés sur boggies.

Il y a, croyons-nous, tout avantage à avoir recours à ce genre de véhicules, étant donné que la plus grande partie du trafic du réseau est un trafic de bout en bout, ne nécessitant aucun séjour de wagons dans les gares intermédiaires. Sur les chemins de fer de la Côte d'Ivoire et du Dahomey, où l'on peut, au contraire, espérer voir se développer un trafic important le long de la voie, par suite de la mise en valeur des régions traversées, l'emploi du matériel précité ou de wagons à traverses pivotantes est également à prévoir sur une échelle considérable, en raison des dimensions des billes de bois qui constitueront une part notable de ce trafic.

Le matériel de première et deuxième classe à l'usage des voyageurs européens est sensiblement du même type sur les diverses lignes de l'A.O.F. et présente un réel confortable. Les voitures de ces deux classes sont du type mixte, en raison du petit nombre de voyageurs par train. Elles sont à couloir latéral, les deux classes étant séparées par un W.-C.; on accède à leur intérieur par deux plates-formes placées à chacune des extrémités du wagon. La caisse, montée sur boggies, est munie d'une double toiture débordante, destinée à préserver l'intérieur de la voiture des effets du rayonnement solaire direct; enfin les ouvertures sont pourvues de fermetures persiennées. Exception faite pour la ligne Dakar-Saint-Louis, où il est fait usage de machines à tenders séparés, la traction est exclusivement assurée par des locomotives-tenders; les plus puissantes, du poids de 27 tonnes, sont à six roues couplées et ont un boggie à l'avant. Elles sont du type dit des « chemins de fer départementaux du Vivarais » et peuvent remorquer des trains de cent tonnes sur rampe maxima de 25 millimètres. Dans les conditions de charge précitées, on atteint aisément en palier la vitesse de 30 kilomètres à l'heure. Le personnel — mécaniciens et chauffeurs — est uniquement recruté parmi des indigènes; la rigueur du climat ne permettrait, d'ailleurs, pas l'emploi d'Européens.

Nous allons maintenant aborder la description particulière des lignes en exploitation, en insistant sur les résultats commerciaux actuels. Cette description fera l'objet de la seconde partie du présent travail.

XXX.

Digitized by Google

LES PROGRÈS LES PLUS IMPORTANTS DES DISCIPLINES CHIMIQUES DANS LES QUARANTE DERNIÈRES ANNÉES[1]

III. — LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHIMIE ORGANIQUE

Lorque la Société Chimique allemande fut fondée, la Chimie organique se trouvait en plein développement : la synthèse des combinaisons du carbone avait pris depuis 1860 un essor considérable, la doctrine de la structure était acceptée d'une façon générale, et en 1865 la constitution des combinaisons aromatiques avait été élucidée. L'élaboration des conceptions théoriques se poursuivait d'une façon plus tranquille que dans le passé, en connexion harmonique avec une recherche expérimentale intensive. Cette dernière s'engageait principalement dans deux directions : par des essais de dédoublement, puis par synthèse, la constitution des corps naturels fut dévoilée; en même temps, on découvrit un nombre élevé, presque trop élevé, de combinaisons nouvelles. De nouvelles méthodes furent inventées et, simultanément, on améliora, dans leur utilisation, les anciens procédés classiques. Dans l'esquisse que je dois tracer ici en quelques instants, les résultats ne peuvent être qu'indiqués; je serai même obligé de laisser de côté beaucoup de points importants.

I

La théorie du benzène avait soulevé tant et de si importants et intéressants problèmes que le développement ultérieur de cette théorie est caractéristique des premières années de notre Société. La détermination des positions des séries ortho, méta et para fut attaquée et résolue favorablement dans le cours de la première décade.

L'heureuse idée d'admettre dans le benzène une liaison annulaire put être étendue aux hydrocarbures plus compliqués. La preuve que le naphtalène se compose de deux noyaux condensés forme la base de la théorie des combinaisons polycycliques, dont l'élaboration ultérieure a conduit aux systèmes de trois noyaux et plus, et finalement de dix et douze noyaux. Bientôt, on établit aussi des formules à chaînes fermées contenant, outre des atomes de carbone, des atomes d'azote, d'oxygène et de soufre, et l'on adopta des noyaux formés de cinq membres au lieu de six. Les formules de constitution, encore admises aujourd'hui, de la pyridine et de la quinoline datent de 1869, et celles du pyrrol et du furfurane de 1870. Comme autrefois pour l'anthracène, des formules furent adoptées pour les constituants du goudron alors découverts (phénanthrène, fluorène, carbazol et acridine), — ainsi que pour la phénazine, — lesquels se composent de trois noyaux condensés. Toutes ces substances furent étudiées en détail et formèrent les substances-mères de groupes importants.

A l'aide d'un nouvel agent de réduction, la poudre de zinc, on obtint la subtance-mère de l'indigo, l'indol, et, bientôt après, celle de l'alizarine, l'anthracène. Ces résultats permirent d'entrer d'une façon raisonnée dans la voie de la synthèse : en 1869, l'alizarine et, peu de temps après, l'indigo, furent préparés artificiellement. En 1870, on obtint synthétiquement le benzène à partir de l'acétylène; les constituants les plus importants du goudron purent aussi être fabriqués artificiellement par voie pyrogénée. Les synthèses de l'acide cinnamique, de la coumarine, des aldéhydes aromatiques appartiennent également à la première décade. La découverte de la vanilline fut de la plus grande importance pour l'étude des matières odorantes qui se trouvent dans la Nature. Les méthodes de synthèse par condensation conduisirent à la découverte des phtaléines et de nombreuses combinaisons qui naissent par l'action des aldéhydes sur les hydrocarbures et leurs dérivés. Aux réactions qui reposent sur la transposition et la migration d'atomes et de groupes appartiennent, chez les amines aromatiques, le passage des alkyles de l'azote dans le noyau, ainsi que la formation des amines aux dépens des amides. Dans les décades suivantes, des réactions analogues ont été observées pour différentes classes de corps : signalons, en particulier, les travaux sur la transposition des oximes, des hydrazoïques et de la phénylhydroxylamine. A cette époque se rattache encore la preuve que l'acide mellitique est un dérivé du benzène, ainsi que la découverte de la phénylhydrazine. Peu après, l'introduction d'un nouvel agent synthétique, le chlorure d'aluminium, venait enrichir à un haut degré nos méthodes de travail.

La chimie de la série aliphatique ne restait pas non plus improductive pendant la période de 1867

[1] Quatre conférences ont été faites sur ce sujet à l'occasion du quarantième anniversaire de la Société Chimique allemande. On trouvera les deux premières dans le numéro de la *Revue* du 15 mars 1908, p. 180 et suivantes, et ci-après les deux dernières.

Digitized by Google

à 1877. Les synthèses de la guanidine, de l'aldéhyde crotonique, de la créatine, de la glycérine et de l'aldol, ainsi que la découverte des dérivés nitrés de la série grasse et des combinaisons nitrosées, datent de cette époque.

La preuve, révélée en 1870, que l'acide lactique ordinaire et l'acide lactique de la viande possèdent la même formule de constitution, ainsi que les recherches plus anciennes et classiques sur l'acide tartrique, fournirent l'impulsion qui aboutit au couronnement de la doctrine de la structure par la Chimie dans l'espace; en 1874 parurent deux travaux faisant époque, qui apportèrent un éclaircissement dans trois directions où, auparavant, la Chimie structurale avait échoué. Ils montrèrent comment on doit expliquer les différentes modifications des substances optiquement actives, sur quoi repose l'isomérie des acides maléique et fumarique, et comment l'existence de deux acides hexahydromellitiques doit être comprise.

II

Dans la deuxième décade de la période que nous embrassons, la chimie des alcaloïdes parvint à un grand développement : en 1879 et 1880, on découvrit les premières synthèses de la quinoline, bientôt suivies par celles de la pyridine et d'une série de dérivés de ces deux substances fondamentales. Puis commença le développement de la chimie du pyrrol : la remarquable transformation de celui-ci en pyridine est le premier exemple de formation d'un noyau à six membres aux dépens d'un noyau à cinq membres. Une autre substance fondamentale importante pour les alcaloïdes, l'isoquinoline, fut trouvée en 1885 dans le goudron et fabriquée synthétiquement en 1886. De nombreux chercheurs s'occupèrent de la décomposition des alcaloïdes du règne végétal, et, s'appuyant sur les connaissances ainsi acquises, la première synthèse complète, celle de la coniine, fut réalisée en 1886. Une année auparavant, la pipéridine avait été obtenue artificiellement.

La preuve que les rosanilines dérivent du triphénylméthane et que les phtaléines sont des dérivés du diphénylphtalide donna l'essor au grand groupe du triphénylméthane. L'étude du naphtalène prit également une place importante : par des essais d'oxydation et par la synthèse du naphtol au moyen de l'acide phénylisocrotonique, la position des dérivés α et β fut fixée, et la détermination de celle des dérivés plus compliqués facilitée.

Une suite de travaux marquants concernent le groupe de l'indol : les alkylindols furent découverts, la constitution de l'indigo arrêtée définitivement et de nouvelles synthèses de ce colorant mises au jour. Au cours des recherches sur l'isatine, on introduisit dans la Chimie les notions de combinaisons labiles et stables et la désignation de pseudo-formes. En connexion étroite avec celles-ci et en rapport avec la théorie oscillatoire de Kékulé, la doctrine de la tautomérie, comme hypothèse de liaison changeante, fut établie en 1888. De nombreux travaux se sont depuis lors occupés de ce domaine intéressant; on est arrivé plus tard, dans beaucoup de cas, à préparer isolément les combinaisons isomères, facilement transformables l'une dans l'autre.

La théorie de la tension, reposant sur des considérations spatiales, a expliqué en 1886 pourquoi, dans la formation des chaînes fermées, les noyaux de 5 ou 6 atomes se forment avec une plus grande facilité que ceux de 3, 4 ou 7 atomes. Les observations sur la formation des lactones, qui a été soumise dans cette décade à une série de recherches, concordent avec cette théorie. Un travail publié en 1887 sur l'arrangement des atomes dans l'espace, spécialement chez les dérivés éthyléniques isomères, a exercé une grande influence.

Dans cette deuxième décade, il faut encore faire ressortir les synthèses de l'acide citrique, de l'acide urique et de la tyrosine, ainsi que l'emploi si fructueux de l'éther acétacétique à l'obtention de nombreuses combinaisons nouvelles. Avec la découverte de l'antipyrine, en 1884, commença la recherche systématique et fructueuse des médicaments synthétiques. Dans la même période, on découvrit les oximes, les phénylhydrazones et les combinaisons diazoïques de la série grasse. L'examen approfondi de ces dernières conduisit en 1887 à la découverte importante de l'hydrazine et en 1890 à celle de l'acide azothydrique. Comme auparavant par la mise au jour de l'hydroxylamine, la Chimie organique a doté la Chimie inorganique de combinaisons intéressantes et nouvelles. Plus tard, les beaux travaux sur la nitroguanidine devaient encore conduire à un second mode de formation de l'hydrazine.

Les recherches sur l'acide chélidonique ont fondé la chimie du groupe de la pyrone, et la découverte du thiophène a enrichi la chimie des corps à noyaux d'un composé sulfuré intéressant. En 1885, on acquit la preuve que le remarquable potassium oxycarboné est un dérivé benzénique. De ce travail est résulté aussi le fait que la formation de l'acide croconique, découvert quatre-vingts ans auparavant, est le premier exemple de transformation d'un anneau à 6 atomes en un anneau à 5 atomes; elle est analogue à la formation des dérivés fluoréniques aux dépens de la phénanthrène-quinone et à la transformation, réalisée dans la décade suivante, des dérivés du naphtalène en ceux de l'indène.

Digitized by Google

III

La caractéristique des dix années qui suivirent nous est donnée par une série de recherches grandioses, entreprises déjà depuis un certain temps, mais dont le centre de gravité, si l'on peut ainsi s'exprimer, tombe dans cette période. Ce sont, dans le domaine de la série aliphatique, les synthèses des groupes de la purine et des sucres, et, dans la série hydro-aromatique, les travaux sur les terpènes et les acides hydrophtaliques. Parties de l'examen de la constitution de la caféine en 1881, les recherches sur le groupe purique parvinrent en 1885 à la synthèse des acides urique et pseudo-urique, à la préparation de nombreuses combinaisons nouvelles et, en 1898, à la découverte de la substance fondamentale de tous ces corps, la purine. En rapport étroit avec la découverte des combinaisons de la phénylhydrazine avec les sucres, la synthèse de l'acrose a inauguré, il y a vingt ans, la série de travaux qui devaient conduire à la synthèse artificielle des hexoses naturels et à la préparation d'un grand nombre d'isomères qui ne se trouvent pas dans la Nature. La configuration de ceux-ci, déterminée de la façon la plus sagace, a fourni une confirmation éclatante de la doctrine du carbone asymétrique.

En 1885, commencèrent les recherches qui devaient apporter de l'ordre et de la clarté dans le groupe jusqu'alors si extraordinairement confus des terpènes et donner l'élan au développement grandiose de la chimie des huiles essentielles. Des essais de décomposition ont résolu définitivement en 1893 la question très controversée de la constitution du camphre. L'obtention de l'ionone au dépens du citral est une nouvelle étape importante dans l'étude des matières odorantes. Les recherches sur les acides hydrophtaliques, par lesquelles la stéréochimie des combinaisons annulaires a acquis pour la première fois sa véritable signification, ont posé les bases qui ont permis de déterminer la constitution et l'isomérie géométrique des combinaisons hydro-aromatiques. L'année 1900 a apporté un nouvel enrichissement de la chimie dans l'espace : cette dernière s'est étendue aux combinaisons du carbone et de l'azote, et a donné l'explication d'isomères autrefois difficilement intelligibles, comme celle des oximes du benzyle et de l'huile d'amandes amères. Les conceptions spatiales, basées sur l'étude de la quinonoxime et avant tout de la formation des éthers, conduisirent à la notion d'*empêchement stérique*.

La chimie de la pyrone s'enrichit par la preuve que l'euxanthone dérive d'une diphénopyrone, la xanthone, ainsi que par la découverte d'une série de dérivés de la xanthone et par l'explication de la constitution de la chrysine. Ce dernier résultat contribua à la création du groupe des dérivés de la flavone, auquel appartient une série de combinaisons jaunes importantes qui existent dans le règne végétal. Enfin, l'année 1897 nous a apporté la découverte, importante à la fois pour la Chimie et la Biologie, que la fermentation alcoolique est causée par une enzyme, la zymase.

IV

Dans la dernière décade, l'étude des dérivés du triphénylméthane a présenté au point de vue théorique un très grand intérêt, parce qu'elle se rattache à la question des rapports entre la constitution et la couleur des corps. La découverte des fulvènes a augmenté le nombre des hydrocarbures colorés connus, et celle des fulgides, ainsi que des cétènes, nous a fait connaître des combinaisons colorées d'une constitution intéressante. Des recherches approfondies ont été consacrées à la classe remarquable des pseudo-chlorures, des pseudo-phénols et des quinols.

Dans le domaine si intensivement travaillé du groupe des terpènes, la préparation artificielle du camphre et de quelques hydrocarbures a inauguré les synthèses. Parmi les alcaloïdes, il y en a relativement peu qui aient été obtenus artificiellement ; ce n'est pas étonnant, étant donnée la composition très complexe de la plupart d'entre eux ; les synthèses complètes de l'atropine et de la nicotine ont cependant été réalisées. Par contre, il faut noter de grands progrès dans la recherche de la constitution des alcaloïdes. Les essais de dédoublement de la chlorophylle ont aussi fourni d'importants résultats.

Les recherches sur les combinaisons non saturées, en particulier sur celles qui possèdent des systèmes conjugués de doubles liaisons, ont conduit à établir l'hypothèse des valences partielles. Cependant, on ne peut encore décider si la théorie antérieure de la valence en subira une modification essentielle. Mais l'hypothèse que, contrairement aux anciennes idées, les valences ne sont pas des forces isolées dirigées, agira peut-être plus profondément. Dans divers travaux, l'hypothèse oscillatoire s'est développée en une théorie des doubles liaisons mobiles ou de la moto-isomérie. Dans le cadre des hypothèses antérieures, — mais renversant le dogme que l'oxygène est toujours bivalent, — se place l'importante découverte que, dans une série de combinaisons organiques, avant tout dans les groupes de la pyrone et des dérivés oxonium, l'oxygène peut fonctionner comme quadrivalent et possède alors des propriétés basiques.

Une nouvelle méthode d'hydrogénation, aussi

Digitized by Google

intéressante que fructueuse, par l'addition directe d'hydrogène gazeux, repose sur la propriété catalytique du nickel. Les combinaisons aliphatiques, comme l'acétylène et l'éthylène, et aussi annulaires se laissent réduire par ce procédé, et l'on a pu ainsi préparer un grand nombre de composés nouveaux ou difficilement accessibles. L'action de contact des métaux a fourni également un auxiliaire important. Le mercure ne provoque pas seulement l'oxydation du naphtalène par l'acide sulfurique : il possède encore la propriété remarquable d'influer sur la position d'entrée des substituants dans le noyau, dans la sulfonation de l'anthraquinone. En présence du cuivre, même en faible quantité, les dérivés halogénés du benzène, pourtant si stables, deviennent capables de réagir. La découverte des combinaisons organomagnésiennes a produit une floraison merveilleuse de synthèses nouvelles. La possibilité d'unir au magnésium les radicaux de la série aliphatique aussi bien que de la série aromatique et la commodité d'emploi de ces corps organo-métalliques en ont fait l'une des armes les plus importantes de la Chimie organique.

Pour terminer, il me reste à signaler les recherches que nous devons considérer comme les plus importantes de cette dernière décade et qui concernent un domaine devant lequel les chimistes reculaient autrefois, effrayés par les difficultés. Or, les combinaisons les plus compliquées que nous connaissions sont maintenant entrées, elles aussi, dans le champ de la Chimie synthétique. Des essais de décomposition systématiques et couronnés de succès ont conduit à une connaissance plus exacte des constituants des corps albuminoïdes. Avant qu'il fût possible d'établir des formules précises pour ces produits naturels, on avait tenté hardiment d'en faire la synthèse. Les polypeptides obtenus artificiellement ne sont, il est vrai, pas encore identiques aux peptones et protéines, mais ils s'en rapprochent de si près que nous devons espérer que la synthèse des combinaisons organiques surmontera finalement toutes les difficultés dans sa marche triomphante et parviendra aussi à reconstituer de toutes pièces les corps albuminoïdes.

C. Graebe,

Ancien Professeur de Chimie
à l'Université de Genève.

IV. — LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHIMIE TECHNOLOGIQUE

Les précédents conférenciers ont montré combien fructueuse a été, pour toutes les branches de la science chimique, l'époque sur laquelle nous jetons aujourd'hui un coup d'œil rétrospectif. Les représentants de la Chimie générale et physique, inorganique et organique ont cherché, dans une noble émulation, à se surpasser l'un l'autre par le nombre et l'importance de leurs découvertes; des laboratoires grands et petits, officiels et privés, les résultats des recherches ont conflué comme des canaux qui, ruisselant de prairies bien arrosées, se réunissent en ruisseaux, puis en rivières et en fleuves, apportant la fertilité aux habitations des hommes dans les vallées. Un grain abondant a mûri sur les champs irrigués, grain qui a été moissonné avec enthousiasme par les peuples.

Ce grain, récompense de la recherche scientifique, fruit abondant du travail patient de l'esprit, ce sont les applications qui se traduisent en bien-être pour la masse. C'est pourquoi la Chimie technique est la digne compagne de la recherche abstraite dans notre science : elle doit prospérer quand la recherche fleurit. Les acquisitions de la Technique chimique, pendant les quarante dernières années, sont une preuve éclatante de la justesse de cette assertion.

I

A l'époque de la fondation de la Société Chimique allemande, une période de transformation profonde commença pour l'industrie chimique. L'industrie des acides minéraux et des alcalis, basée sur le procédé Leblanc, — la seule qui pût alors prétendre avec raison au titre de « grande industrie chimique », — présentait encore son agencement fixe et le caractère d'enchaînement de ses activités reposant l'une sur l'autre. Mais le jeune Titan qui était destiné à la combattre et à la renouveler complètement, — le procédé Solvay pour la fabrication de la soude à l'ammoniaque, — venait de naître et se développait déjà. Vers 1870, il parut mûr, et l'on reconnut en même temps que la possibilité d'une obtention de la soude indépendante du procédé Leblanc abolissait le caractère d'enchaînement de toute la grande industrie chimique. Une ancre de salut lui restait pourtant : d'abord dans la dépendance étroite qui unissait la production de l'acide chlorhydrique et, par là, l'obtention du chlore au procédé au sulfate, ensuite dans l'avantage que la lessive de soude brute de Leblanc offrait pour la préparation de la soude caustique. En réalité, ces deux circonstances ont prolongé de quelques décades l'existence du pro-

Digitized by Google

cédé Leblanc et permis qu'il n'ait pas encore tout à fait disparu aujourd'hui.

Vers 1860, presque simultanément avec le développement d'un procédé fructueux de préparation de la soude à l'ammoniaque, se place la création et l'épanouissement de l'industrie de la potasse de Stassfurt, née de la découverte heureuse des dépôts de sels sous l'influence fécondante des recherches géniales d'un Liebig. A l'obtention en fabrique du chlorure de potassium aux dépens de la sylvinite et de la carnallite, s'ajoutèrent bientôt la préparation du brome, du nitrate de potasse au moyen du nitrate de soude, et la fabrication de la potasse par le procédé Leblanc, à l'abri ici de la concurrence d'un procédé à l'ammoniaque. Enfin on arriva aussi à mettre en valeur une partie au moins des combinaisons magnésiennes qui existent dans les dépôts de sels, quoique l'utilisation de tout le chlorure de magnésium précipité dans l'industrie potassique appartienne encore aujourd'hui à la catégorie des problèmes non résolus.

De 1870 date encore le rajeunissement de l'industrie séculaire de l'huile de vitriol, l'acide sulfurique fumant, dont la teneur minime en anhydride sulfurique ne suffisait plus aux besoins modernes. A la place du produit obtenu par distillation des schistes vitrioliques naquirent l'anhydride sulfurique synthétique, préparé par union catalytique de l'anhydride sulfureux et de l'oxygène, et les acides pyrosulfuriques. Cette nouvelle fabrication devait influencer et tranformer à un haut degré toute l'industrie de l'acide sulfurique ; nous avons pu nous en rendre compte, plus d'un quart de siècle après, quand sont apparus les procédés modernes de contact.

II

Les deux dernières décades du XIXe siècle ont été caractérisées par la création et la mise au point, d'une rapidité exceptionnelle, de l'Electrotechnique. Dans le domaine chimique, cette nouvelle conquête trouve sa répercussion dans le développement des méthodes de travail électrolytiques. A côté des procédés électro-métallurgiques, dont la fabrication de l'aluminium et le raffinage électrolytique du cuivre sont les plus importants, et parmi lesquels on peut également ranger la préparation du carbure de calcium et du carborundum, la question de la décomposition électrolytique des chlorures alcalins constitue surtout un problème chaudement discuté. La tâche difficile de la préparation de membranes plus actives et, cependant, plus résistantes, a trouvé presque simultanément trois solutions qui rivalisent en élégance et en hardiesse d'invention dans les procédés de Griesheim, de Castner-Keller et d'Aussig. Une nouvelle ère a commencé, grâce à eux, pour la production des alcalis caustiques et, en même temps, pour l'industrie du chlore. Le vieux procédé d'obtention du chlore a disparu, entraînant avec lui les créations géniales d'un Weldon et d'un Deacon ; le chlore, autrefois si coûteux, est produit avec une surabondance qui a provoqué une recherche fiévreuse de nouvelles applications de ce corps. A côté et souvent à la place du vénérable chlorure de chaux, on trouve aujourd'hui le chlore moléculaire liquéfié, renfermé dans des bouteilles d'acier et devenu ainsi transportable.

Enfin, la préparation des métaux alcalins sur une grande échelle compte encore parmi les acquisitions les plus importantes de la Technique électrochimique moderne. La même réaction qui, autrefois, dans les mains de Davy, conduisit à la découverte de ces métaux : l'électrolyse des hydrates alcalins, s'est révélée, mise sous une forme technique convenable, comme le procédé de fabrication le meilleur et le moins coûteux de ces corps à affinités puissantes, parmi lesquels le sodium surtout a rapidement trouvé une application technique étendue. Avec son aide, on a, en particulier, réalisé l'obtention de cyanure de potassium débarrassé de cyanate, qui a contribué au succès du traitement cyanuré des minerais d'or résistants.

III

Une transformation de la Technique chimique inorganique, telle qu'elle vient d'être brièvement décrite, n'aurait pas été concevable si les quantités toujours plus considérables de produits fabriqués à des prix toujours plus faibles n'avaient pas trouvé un écoulement continuellement croissant. Le même fait s'est produit, à côté de l'augmentation naturelle des besoins généraux, pour l'industrie chimique organique, dont l'essor et la transformation se sont accomplis d'une façon encore plus impétueuse et éclatante que ceux de la technique inorganique.

On sait, d'une façon générale, que les vieilles industries de la brasserie et de la distillerie, de la sucrerie et de l'amidonnerie, des corps gras et des aliments, qui se rattachent au travail agricole, ont fleuri brillamment dans les quarante dernières années et ont acquis une très grande importance. Elles doivent leurs progrès les plus importants à l'appui des recherches biologiques modernes. Mais, à côté d'elles, d'autres industries travaillant les matières organiques ont prospéré, qui autrefois étaient entièrement inconnues.

Un vif intérêt s'attache au travail chimique du bois, qui non seulement a permis une mise en valeur particulièrement fructueuse du produit de nos forêts, qui vont en s'éclaircissant de plus en plus, mais

Digitized by Google

encore a conduit à une séparation facile, presque analytique et opérée sur une grande échelle, des composants réunis dans la lignine, dont l'un au moins, la substance incrustante, est resté jusqu'à aujourd'hui une énigme chimique.

L'extraction du bois d'une cellulose presque pure a placé l'industrie du papier sur une nouvelle base et nous a préservés de la nécessité de limiter nos productions littéraires à cause du manque de papier. Elle a conduit aussi à la découverte de nouveaux emplois utiles de la cellulose, dont je ne rappellerai qu'un seul : la préparation, par diverses méthodes, de nouvelles fibres textiles artificielles analogues à la soie.

Mais le bois se laisse travailler chimiquement d'une autre façon que par séparation de la cellulose qu'il contient : je veux dire par distillation sèche. La préparation très primitive du charbon et du goudron de bois des anciens temps s'est développée, pendant les quarante dernières années, dans l'industrie très perfectionnée de la distillation du bois, qui a obtenu ses résultats les plus importants avec les produits de décomposition volatils autrefois complètement négligés : l'alcool méthylique, l'acétone et l'acide acétique. Les tentatives, d'abord vaines, puis plus tard couronnées de succès, pour débarrasser l'acide acétique ligneux de tous les corps empyreumatiques ont eu pour résultat que la plus grande partie de nos besoins en acide acétique sont maintenant couverts par la distillation du bois. Cette industrie a reçu un nouvel élan par l'introduction, vers 1890, de la préparation de la formaldéhyde aux dépens de l'alcool méthylique, qui a pris une énorme extension depuis qu'on a reconnu les emplois si extraordinairement multiples du nouveau produit.

Une autre méthode remarquable de traitement chimique du bois : la fusion avec un alcali pour obtenir de l'acide oxalique, a non pas augmenté, mais diminué dans les quarante années que nous considérons. Elle a été remplacée par le procédé synthétique de préparation de cet acide, ainsi que de l'acide formique, avec l'oxyde de carbone contenu dans les gaz de générateurs. L'acide formique se laisse préparer d'une façon si avantageuse par cette voie qu'il fait aujourd'hui concurrence à l'acide acétique dans plusieurs de ses applications.

La mise en valeur technique des hydrocarbures de la série du méthane s'est incarnée dans deux industries : la distillation des lignites et le raffinage des pétroles. Toutes deux ont présenté une croissance extraordinaire de leur étendue et de nombreuses améliorations de leur exploitation, parmi lesquelles la réalisation de la désulfuration des pétroles fétides du type de l'Ohio, par distillation sur de l'oxyde de cuivre, doit être considérée comme un haut fait technique.

IV

Le développement de la distillation de la houille et du traitement du goudron offre un champ particulièrement grandiose et intéressant. Lorsque notre Société fut fondée, on ne connaissait qu'une forme de distillation de la houille : la fabrication du gaz d'éclairage, qui datait de la fin du XVIIIe siècle. Elle s'opérait à basse température et fournissait la totalité du goudron, si important pour l'industrie des couleurs nouvellement créée. Lorsque, vers 1880, le goudron commença à devenir peu abondant, cela ne tenait pas seulement à l'augmentation constante de la production des couleurs, mais en première ligne à la transformation profonde de l'industrie du gaz, qui, en se basant sur des essais en grand exécutés et interprétés très ingénieusement, s'était convertie en un nouveau procédé, caractérisé par de très hautes températures de distillation. L'embarras momentané où tomba l'industrie des colorants conduisit à la création, grosse de conséquences, d'une nouvelle industrie, la distillation du coke, qui sauva de la destruction les richesses contenues dans les produits accessoires de la fabrication du coke, et qui préserve pour longtemps l'industrie des colorants de tout défaut de matières premières.

Parmi les produits retirés en grande quantité du goudron de houille, il faut signaler : l'anthracène, le carbazol, les xylènes et crésols, la coumarone et la pyridine, dont la fabrication régulière date seulement de quarante ans et qui ont trouvé aussi un emploi régulier. Beaucoup d'autres dérivés du goudron ont été en partie nouvellement découverts, en partie rendus plus abordables qu'ils ne l'étaient autrefois.

La distillation du goudron doit à l'amélioration de ses méthodes de travail, spécialement de ses appareils, la sûreté avec laquelle tous ces produits peuvent être aujourd'hui séparés du mélange si complexe que constitue le goudron. L'appareil à colonnes, les filtres-presses, la distillation dans le vide : telles sont les armes avec lesquelles l'industrie moderne du goudron a conquis sa position actuelle.

L'exemple le plus éclatant d'une industrie travaillant de concert avec les recherches scientifiques, mettant en valeur tous les résultats de celles-ci et les influençant à son tour, nous est offert par la fabrication des colorants du goudron. Il est presque impossible de retracer en quelques phrases les étapes les plus importantes de la marche triomphante de cette industrie.

On peut dire que la fondation de notre Société

Digitized by Google

coïncide avec la date où l'industrie nouvellement fondée des matières colorantes s'est dégagée des liens des méthodes de travail empiriques et s'est tournée vers la synthèse raisonnée. Le premier grand succès obtenu dans cette voie fut la création de l'industrie de l'alizarine, dont le développement ultérieur a dépassé toutes les espérances. La reconnaissance du rapport étroit entre la constitution et les propriétés des colorants trouva son application pratique dans l'introduction des colorants azoïques, qui non seulement apportèrent une variété extraordinaire dans les produits de l'industrie des matières colorantes, mais accoutumèrent le chimiste des colorants à tendre vers un rendement presque quantitatif de ses méthodes de travail. Dans le groupe des phtaléines, on trouva les matières colorantes non seulement les plus éclatantes, mais aussi les plus solides, ce qui permit de réfuter l'axiome, non prouvé, mais alors courant, que les colorants artificiels sont éphémères en raison même de leur éclat. On a trouvé des matières colorantes fixes également dans les séries des eurhodines, safranines, oxazines, indulines et thionines, dont l'étude est en rapport si intime avec celle des chaînes d'azote et de la fermeture des noyaux. La découverte même, due à un hasard, du bleu d'alizarine solide, si important au point de vue technique, eut des conséquences d'un grand poids pour la Chimie scientifique, car la recherche de la constitution de ce colorant conduisit à une synthèse, d'un emploi général, des dérivés de la quinoline. D'une façon analogue, l'explication de la constitution de la rosaniline a porté des fruits multiples par la synthèse de nombreuses combinaisons nouvelles, parmi lesquelles se trouvent beaucoup des plus belles et des plus précieuses matières colorantes. L'apparition des colorants azoïques substantifs et, enfin, des matières colorantes dites sulfurées n'a pas coïncidé avec l'ouverture de voies scientifiques nouvelles; mais ces deux conquêtes sont de la plus haute importance, en ce qu'elles ont offert à la teinture et à l'impression des chemins nouveaux et ont révolutionné de fond en comble ces deux antiques industries. Enfin, signalons encore la classe nouvelle des colorants de l'indanthrène, dans laquelle on trouve réunies des nuances claires avec une résistance jusqu'alors inconnue contre toutes les influences destructrices.

Mais c'est dans la synthèse de l'indigo que nous devons voir la plus brillante de toutes les conquêtes de l'industrie des colorants. Nous nous souvenons tous encore du jour où fut rendu public ce grand événement chimique, où une recherche scientifique géniale et une puissance technique souveraine se sont tendu la main. La lutte pour la solution de ce grand problème a coûté vingt années de travail assidu. Mais, lorsqu'il fut résolu, avec quelle assurance l'indigo synthétique s'est-il dressé en face du produit naturel d'un emploi plusieurs fois millénaire !

Il n'y a aucune espérance que ce triomphe de l'industrie des colorants soit jamais dépassé. Mais il est non moins certain que cette industrie n'a pas encore atteint les limites de son pouvoir. Dans l'avenir, nos revues enregistreront encore beaucoup de faits témoignant du développement ininterrompu de cette technique intéressante et multiple.

V

Nous pouvons considérer la fabrication des médicaments synthétiques comme un rejeton de l'industrie des colorants, né pendant la période que nous embrassons et déjà parvenu à son autonomie complète. Quels brillants résultats n'ont pas été également acquis dans ce domaine! Quelle belle gradation de développement, depuis l'insuffisance complexe jusqu'à la perfection simple, n'y a-t-il pas entre la kaïrine et la thalline, d'un côté, et l'antipyrine, la phénacétine et l'aspirine, de l'autre; quel progrès dans la domination des actes physiologiques entre l'hydrate de chloral et le véronal! Que de douleurs la Chimie synthétique n'a-t-elle pas apaisées par son activité dans ce domaine, que de maux n'a-t-elle pas soulagés!

L'industrie des médicaments artificiels n'est qu'une partie de ce vaste cercle d'activités variées que nous avons l'habitude de réunir sous le terme collectif d'industrie des préparations. Apprécier convenablement dans toutes ses parties cette industrie si ramifiée est chose impossible. Cependant, je ne puis omettre de rappeler l'essor considérable qu'a pris une branche de cette industrie, à peu près du même âge que notre Société. Je pense à la fabrication des produits chimiques et préparations photographiques, dont l'épanouissement se tient en rapport étroit avec le développement de la Photochimie scientifique, avec l'introduction et la généralisation des plaques sèches photographiques et avec leur procédé propre de développement.

Non moins intéressantes sont la Chimie et la Technique des matières odorantes nouvellement créées et développées dans ces quarante dernières années. Ce domaine, aujourd'hui complètement éclairci dans ses points principaux, était encore inexploré à l'époque de la fondation de notre Société. Son épanouissement progressif se reflète plus qu'aucun autre dans les pages de nos *Berichte*. Pas à pas, la Nature a été épiée dans ses créations, et dans ce domaine plus peut-être que dans d'autres, le chimiste synthétique a pris des sentiers qui imitent ceux de la Nature.

Digitized by Google

Parmi les industries synthétiques, nous devons compter la technique des matières explosives, quoi qu'il s'agisse ici moins de la construction des molécules que de l'emmagasinage d'énergie sous une forme facilement libérale. Cette industrie a enregistré plusieurs grands progrès qui reposent presque tous sur ce fait que la loi exprimée il y a environ quarante ans par Sprengel a été rendue utilisable, et que, de plus en plus, les corps explosifs propres ont été remplacés par des explosifs de sûreté, qui ne peuvent détonner qu'avec l'aide d'un allumage initial. Seules la possession de tels explosifs et l'application des méthodes modernes d'observation aux phénomènes de l'explosion ont rendue possible la nouvelle orientation de la Balistique, qui nous est bien connue.

VI

Si l'on embrasse tous les progrès techniques ci-dessus rapportés et beaucoup d'autres que je dois renoncer à décrire, on reconnaît que, jusque dans les applications, notre science a poursuivi son développement élevé. Mais, de même que la recherche, malgré l'abondance des résultats, progressera encore, la technique ne chômera pas non plus, et s'attaquera à la solution de problèmes toujours plus difficiles.

Lorsque notre Société fut fondée, il y avait déjà, il est vrai, une industrie chimique très développée, mais son activité se bornait presque exclusivement à l'extraction, à la purification et à la transformation des produits de la Nature. Une industrie travaillant par synthèse sur une grande échelle n'a été créée que dans les quarante dernières années. Aujourd'hui, nous entrevoyons des buts encore plus élevés. Nous avons osé porter une main hardie sur les grands processus de la Nature, en cherchant à les influencer suivant nos besoins : c'est ce que nous tentons dans les grandes usines où beaucoup aujourd'hui s'efforcent d'utiliser l'azote de l'air. Plusieurs moyens ont été proposés pour atteindre ce but : combustion de l'azote en ses oxydes, transformation en combinaisons cyanées ou en ammoniaque. Toutes ces voies sont praticables, et probablement conduiront toutes à des résultats. Lequel de ces résultats aura le plus de poids, l'avenir seul nous le dira. Mais à tous cette marque est commune : ils ne dépouillent pas la Nature de ses trésors amassés, ni ne veulent l'imiter dans ses créations; ils veulent l'assister dans une de ses plus grandes œuvres, la circulation de l'azote. Si nous réussissons à influer sur ce phénomène, nous atteindrons aussi cet autre, qui est si intimement lié à notre heur et malheur : le cours de la vie. Nous forcerons la terre à une plus grande fécondité, à une habitabilité croissante.

Dans un tel travail, la Nature même devient notre alliée. La force sauvage des eaux qui se précipitent accomplit le travail chimique que nous lui imposons, et le jour commence à poindre où ce ne sera plus une belle image, mais une réalité complète, quand nous parlerons de l'influence fécondante des ruisseaux qui coulent des montagnes dans les vallées où sont les habitations des hommes.

O.-N. Witt,
Professeur de Chimie technologique
à l'Ecole Technique supérieure de Charlottenburg.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lambert (Armand). — **Sur le développement de la fonction perturbatrice** (*Thèse pour le Doctorat ès sciences*). — 1 *vol. in-4°. Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1907.

Le développement de la fonction perturbatrice domine la théorie des planètes. Les équations de leurs mouvements s'intègrent, en effet, par des méthodes d'approximation dont le point de départ est la considération de l'orbite képlérienne elliptique que décrirait chaque planète si, fictivement, elle se trouvait seule en présence du Soleil; l'orbite, troublée par la présence des masses perturbatrices, s'écarte peu de l'orbite elliptique si les masses troublantes sont peu considérables.

Les différences entre les valeurs troublées des éléments et leurs valeurs képlériennes s'expriment au moyen d'une fonction des coordonnées des planètes fictives (la fonction perturbatrice) et de ses dérivées par rapport aux éléments du mouvement képlérien.

La fonction perturbatrice se compose de deux parties : la partie principale, et la partie complémentaire, dont les développements en série, ainsi que ceux de leurs dérivées qui interviennent dans la théorie, se déduisent du développement de $\frac{1}{\Delta^{s_2}}$, où Δ représente la distance des deux planètes fictives et s un entier positif impair.

Les coefficients du développement de $\frac{1}{\Delta^{s_2}}$ procédant suivant les anomalies excentriques sont des fonctions des éléments elliptiques. Leurs propriétés analytiques, leurs lois d'interdépendance ont été étudiées par Laplace dans le cas où les orbites sont circulaires et leurs plans confondus; par Tisserand dans le cas d'orbites circulaires, leur inclinaison mutuelle étant sensible; par M. H. Poincaré, qui a déterminé, dans le cas général, le nombre des coefficients indépendants au moyen desquels les autres s'expriment linéairement.

Si l'on veut se limiter au cas où les orbites sont circulaires, leur inclinaison mutuelle étant sensible, les coefficients du développement de la fonction perturbatrice peuvent alors être considérés comme des fonctions du rapport des rayons des orbites et de l'inclinaison des orbites: M. Poincaré a montré que, dans ce cas, les coefficients et leurs dérivées de tous ordres, par rapport aux grandeurs qui y figurent, s'expriment linéairement au moyen de quatre coefficients.

Dans une thèse soutenue le 5 novembre 1907 devant la Faculté des Sciences de Paris, M. Armand Lambert suppose connus les coefficients pour une valeur particulière du rapport des rayons et pour une valeur de l'inclinaison des orbites; puis il cherche quel parti on peut tirer de cette connaissance pour le cas où les éléments ont des valeurs différentes. L'auteur établit alors les équations différentielles auxquelles satisfont les coefficients, puis, les ramenant à la forme canonique, leur applique la transformation de Moutard; après quoi il tire parti de la méthode d'intégration des équations aux dérivées partielles due à Riemann[1]; enfin, il indique un moyen élémentaire de déterminer les coefficients de l'équation du quatrième ordre à laquelle satisfait un coefficient du développement de la fonction perturbatrice, considéré comme fonction de l'un des éléments.

[1] Cf. *Comptes Rendus*, 28 janvier 1907.

Toutes ces recherches ne sont, à vrai dire, que des applications; elles sont, du moins, élégantes et consciencieuses. On pourrait regretter de voir l'auteur planer assez loin des applications aux mouvements réels et connus; mais il faut songer aussi qu'il s'agit d'un début, et, après ce bon début, on doit attendre de M. A. Lambert d'utiles investigations dans le domaine si vaste et si fécond de la Mécanique céleste.

J. Mascart,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

Belluzzo (G.), *Professeur à l'Ecole technique supérieure de Milan.* — **Les Turbines à vapeur et à gaz.** *Traduit par* M. G. Civallerl *sur l'édition italienne.* — 1 *vol. gr. in-8° de* 436 *pages avec* 317 *figures et* 23 *planches.* (*Prix* : 20 *fr.*) *H. Desforges, éditeur. Paris*, 1907.

L'étude des turbines à vapeur est une question d'actualité. Depuis plusieurs années, l'Académie des Sciences attire l'attention sur ces moteurs en proposant comme sujet du prix Fourneyron le perfectionnement de leur théorie. D'autre part, la possibilité d'utiliser et même la nécessité de produire de très grandes vitesses de rotation ont provoqué la création de nombreux types de turbines qui se disputent la faveur des grands industriels, auprès desquels ils semblent, en Amérique du moins, avoir définitivement remplacé l'antique machine à piston. On entrevoit même l'époque prochaine où ce dernier moteur ne sera plus qu'une curiosité de musée.

Une si profonde transformation de la machinerie doit réagir sur l'exposition didactique de la Mécanique appliquée. A l'œuvre nécessaire de rénovation, M. Belluzzo vient contribuer par l'ouvrage que nous présentons. L'auteur a su projeter sur tous les points d'une étude qui est aujourd'hui difficile, la belle lumière qui caractérise l'enseignement italien; le traducteur a, d'autre part, donné au livre une forme bien française. L'emploi systématique des méthodes graphiques, la précision des exposés, la netteté des descriptions et des renseignements pratiques, l'*esprit critique* qui anime l'auteur, séduiront ingénieurs, professeurs et étudiants, qui pourront, pour un certain temps, prendre le volume de M. Belluzzo comme manuel classique.

Les propriétés thermodynamiques des fluides élastiques (vapeur d'eau saturée ou surchauffée, gaz) sont présentées en employant le diagramme de Clapeyron et le diagramme entropique de Belpaire et de Gibbs. Le mouvement de ces fluides dans un canal et le travail qu'il développe, leur choc entre eux ou contre des parois, sont brièvement examinés en vue de l'étude des turbines. Un résumé des recherches expérimentales, faites depuis trente ans, sur l'écoulement des gaz et des vapeurs, achève cette introduction.

L'auteur divise les turbines en deux groupes (à un seul couple ou à roues multiples), pour chacun desquels il établit une classification. Après une théorie graphique générale des turbines à vapeur et à gaz, il développe, pour chaque classe de l'un et de l'autre groupe, les particularisations correspondantes de cette théorie. La comparaison des turbines aux machines à piston, au point de vue thermodynamique, est longuement étudiée. Enfin, quelques règles générales pour le calcul des turbines à vapeur sont formulées avec netteté.

Suit une étude critique des différents types actuels: turbines Georges de Laval, Seger, Riedler-Stumpf, Rateau, Parsons-Zoelly, Breguet, Curtis, Gadda. Pour

Digitized by Google

chaque moteur, M. Belluzzo indique les caractères généraux, décrit avec précision les distributeurs et pièces mobiles, la régulation, l'ensemble et les détails de la construction, consigne les résultats d'expériences, et termine par l'examen critique des avantages et inconvénients de chaque système.

L'application des turbines à vapeur à la propulsion des navires termine le livre.

Les élèves de nos Instituts Electrotechniques et Ecoles similaires trouveront dans l'ouvrage de M. Belluzzo un guide capable de leur fournir, sous une forme très assimilable, le développement des leçons qu'ils peuvent recevoir et qui sont forcément étriquées par le fait du caractère encyclopédique de nos programmes.

A. Boulanger,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Lille.

2° Sciences physiques

Bichat (E.), *Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy, Correspondant de l'Institut*, et **Blondlot** (R.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, Correspondant de l'Institut.* — **Introduction à l'étude de l'Electricité statique et du Magnétisme.** — 1 *vol. in-8 de* 188 *pages avec* 80 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) 2e *édition. Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1907.

On peut encore dire davantage, de cette seconde édition que M. Blondlot présente aujourd'hui au public, que « nul ouvrage sur l'Electricité statique n'est plus intéressant, plus réellement attachant ». Cela tient sans doute d'abord à la netteté parfaite et à la précision vraiment scientifique de l'exposition des phénomènes, ainsi qu'à la correction absolue du langage, où se révèle toute la haute compétence des savants auteurs, mais aussi certainement à ce que cette longue chaîne de lois qu'est l'Electro-statique s'y déroule historiquement d'abord, c'est-à-dire en citant chronologiquement les expériences d'après les extraits des mémoires originaux, ainsi que l'époque et les recherches qui y conduisirent les auteurs, et critiquement ensuite, c'est-à-dire en montrant les conséquences logiques que les savants du moment purent tirer de ces faits d'observation et la façon dont ils s'en servirent pour édifier, pièce par pièce, la théorie actuelle. De plus, pour mieux éclairer le lecteur et le préserver de toute idée fausse, les auteurs ont placé aux points dangereux les analogies possibles entre les quantités électriques et les quantités physiques, devenues pour nous pour ainsi dire instinctives; ils mettent encore en garde explicitement contre les erreurs les plus fréquemment tirées des conclusions vraies des faits d'expérience. Enfin, ce qui caractérise ce livre et n'en est pas le moindre attrait, c'est que, malgré toute sa rigueur scientifique, il est totalement débarrassé de tout calcul mathématique et par suite accessible à tout esprit cultivé.

A retenir notamment le si net et cependant fort savant exposé de la théorie du potentiel, suivi de l'étude expérimentale du champ électrique, ainsi que la lumineuse et instructive théorie des condensateurs fermés, déduite des lois de l'équilibre électrique et de la notion de capacité, conséquence immédiate du potentiel newtonien. Tout spécialement précis également et merveilleux de clarté le chapitre « Travail et Energie électriques ». Enfin les électromètres y sont montrés dans leur véritable rôle pratique d'appareils de mesure et les machines statiques dans leur principe et au point de vue de l'énergie développée. — Avant d'aborder le Magnétisme, les auteurs rappellent que toute la théorie électro-statique découle naturellement de la loi attractive de Coulomb, montrant comment, à côté de ces lois, il y a toute une autre catégorie de faits indépendants de celle-ci et relatifs au pouvoir inducteur spécifique des diélectriques.

Dans la seconde partie, consacrée au Magnétisme, on retrouve la même méthode d'exposition historique et critique, qui, après avoir exposé les phénomènes fondamentaux d'observation usuelle et leurs conséquences, nous montre, à travers ses mémoires, Coulomb découvrant pas à pas l'analogie du Magnétisme et de l'Electro-statique, ainsi que les perfectionnements qu'y apportèrent Faraday et Gauss. Pour terminer, le Magnétisme terrestre y est exposé et défini avec ses diverses caractéristiques et les méthodes de mesure y afférentes.

Joseph Bion,
Ingénieur-Electricien,
Diplômé de l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris.

Herrero Ducloux (E.), *Professeur de Chimie analytique aux Universités de Buenos-Aires et de La Plata, Vice-directeur du Musée de La Plata.* — **Aguas minerales alcalinas de la República Argentina.** — 1 *vol. in-8° de* 52 *pages. Coni Hermanos, Buenos-Aires*, 1907.

L'étude des eaux minérales de la République Argentine est encore peu avancée, par suite de l'immense étendue de son territoire, en partie inexploré ou peu connu à ce point de vue. Le Professeur Herrero Ducloux, que ses fonctions accessoires de second chef du Laboratoire de Chimie du Ministère de l'Agriculture plaçaient dans des conditions particulièrement favorables pour obtenir des échantillons d'eaux minérales, en a entrepris l'étude depuis plusieurs années, et ce sont les résultats de ses premières analyses, relatives aux eaux alcalines, qu'il publie aujourd'hui.

Les eaux alcalines abondent dans la République Argentine. Le peuple, reconnaissant la généralité du fait et considérant les sources européennes de Vichy comme type supérieur de ce groupe, a baptisé du même nom de « Vichy » un grand nombre de thermes, sans que l'analyse de leurs eaux ait ensuite justifié une pareille dénomination. M. Herrero Ducloux classe les eaux alcalines qu'il a étudiées en trois grands groupes : 1° *eaux alcalines proprement dites* (très fortes, fortes, faibles et très faibles); 2° *eaux alcalines calcaires* (fortes et faibles); 3° *eaux alcalines chlorosulfatées* (fortes et faibles). Dans le premier groupe, l'eau de Cura Fierro (province de Catamarca) peut soutenir avantageusement la comparaison avec les eaux de Vichy; l'eau de la source Volcan (province de Salta) est analogue à notre eau d'Evian (source Cachat). Dans le troisième groupe, l'eau de Choya (province de Catamarca) présente de grandes ressemblances avec l'eau d'Evaux. Les analyses très minutieuses de l'auteur montrent que beaucoup d'autres sources ont une composition chimique qui permet de les utiliser en thérapeutique. Les compatriotes de M. Herrero Ducloux ne peuvent que le féliciter d'avoir mis en lumière les ressources du pays à ce point de vue. L. B.

3° Sciences naturelles

Société hongroise de Géographie. — Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. — 3 *vol. gr. in-4°, comprenant de nombreux fascicules, publiés par une Commission de la Société Hongroise de Géographie. Budapest*, 1905-1907.

Dans sa séance du 7 mars 1891, sur la proposition de son président, le Comité de la Société Hongroise de Géographie prit la décision d'entreprendre une série de recherches méthodiques et scientifiques sur le lac Balaton. Il confia cette tâche à une Commission spéciale, qui se constitua le 15 mars suivant et qui était composée des spécialistes les plus éminents de la Hongrie. Cette Commission se mit de suite à l'œuvre, aidée par des subventions importantes de la Société Hongroise de Géographie, du Ministère de l'Agriculture et de l'Instruction publique, de l'Académie des Sciences et de quelques généreux protecteurs.

Les résultats obtenus sont relatés dans une grande publication in-4°, paraissant par fascicules : *Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees.*

Elle comprend trois parties, la première consacrée à

Digitized by Google

la Géographie physique, la seconde à la Biologie et la troisième à l'Anthropologie. Cette publication est une des plus considérables qui aient paru sur la Limnologie. L'ouvrage n'est pas encore terminé entièrement; nous croyons pourtant faire œuvre utile en résumant ce qui a paru jusqu'à présent.

I. Géographie physique.

Composition chimique. — La composition chimique de l'eau du lac Balaton est à peu près identiquement la même dans toutes les parties du lac : on peut dire que c'est une *eau minérale diluée.* Elle renferme plus de matières résiduelles que les autres lacs. Elle contient pour 1.000 grammes : 0,3681 gramme de matières dissoutes et 0,1398 gramme de CO^2 libre. Le résidu est formé en majeure partie d'hydrocarbonates (70 à 80 °/₀) et de sulfates (11 à 15 °/₀) et principalement d'alcalino-terreux. Le rapport entre le calcium et le magnésium est de 3 à 1. Le lac Balaton est un des lacs les plus riches en silicates. Le calcium et le magnésium proviennent sans doute des dolomites, qui sont très abondantes, principalement au Nord du lac; les sulfates ont probablement comme origine les pyrites qui existent dans les dolomites.

Température. — La température de l'eau suit la même marche que la température de l'air. Elle dépasse toujours 20° centigrades en juin, juillet et août. Il n'y a qu'une minime différence entre la température de l'eau de la surface et celle de l'eau du fond pendant toute l'année. Les écarts sont plus considérables entre la température de l'eau du fond et la température du fond lui-même : au printemps, la température du fond est plus élevée; en été, c'est la température de l'eau du fond qui est la plus haute.

En hiver, avant les premières gelées, l'eau du lac se refroidit à 0° ou un peu au-dessous; il en est de même du limon, dont la température descend jusqu'à 1°, parfois même au-dessous, surtout quand la température de l'eau et de l'air reste pendant quelque temps en dessous de 0°. Après les gelées, la température de l'eau du fond et celle du fond lui-même s'élèvent de 1 à 2 dixièmes de degré. Pendant le dégel, ces mêmes températures s'abaissent et deviennent à peu près égales. L'époque des gelées varie d'année en année, leur intensité varie également : parfois la glace a jusqu'à un demi-mètre d'épaisseur et dure 2 à 3 mois; d'autres fois, il n'y a qu'une mince couche de glace qui disparaît au bout d'un jour ou deux.

Transparence. — Elle varie suivant la température et suivant l'endroit du lac examiné.

Couleur. — La coloration de l'eau du Balaton dépend de diverses circonstances (endroit examiné, temps, saison, éclairage, couleur du ciel, état de la surface, etc.). Prise en masse, elle a d'habitude une coloration verdâtre (parmi les hauts degrés de l'échelle de Forel).

Phénomènes optiques. — Ils ne sont pas rares sur le lac Balaton, entre autres les mirages qui sont très fréquents le matin.

Pluies et brouillards. — Les brouillards sont assez communs et assez souvent forment un voile épais couvrant tout le lac. La quantité journalière de pluie observée n'atteint pas 80 millimètres (le maximum observé une fois a été de 74 millimètres). Les grandes pluies ont surtout lieu de mai à octobre. Le nombre des jours de pluie est de 100 environ par an pour la partie occidentale du lac et de 75 à 100 pour la partie orientale.

Influence climatérique. Phénologie. — La grande surface d'eau du Balaton exerce sur le climat de ses rives une influence bienfaisante. La température se réchauffe le soir et est plus froide le matin et à midi. Cette influence se fait surtout sentir dans les parties occidentales du lac. Les écarts thermiques sont diminués et le climat est plus régulier que dans les autres parties de la Hongrie. Dans le fascicule consacré à la Phytophénologie, l'auteur étudie les dates d'apparition, de floraison et de fructification des diverses plantes et des arbres des rives du Balaton.

II. Biologie.

Malgré sa vaste étendue (c'est le plus grand lac de l'Europe), le lac Balaton n'offre qu'une faible profondeur (profondeur maxima : 10 mètres), de sorte que l'on n'y trouve pas de faune et de flore abyssales et qu'il n'y existe que deux régions biologiques : une zone littorale et une zone pélagique. Par suite de la faible profondeur, la végétation est presque partout bien développée et la zone littorale l'emporte sur la zone pélagique : celle-ci ne présente qu'un faible pourcentage de l'ensemble des organismes du lac.

La faune et la flore présentent des aspects différents suivant les points considérés : ainsi, l'on peut dire, d'une manière générale, que la faune et la flore sont plus riches au Nord qu'au Sud, dans le grand Balaton que dans le petit Balaton.

On a cru longtemps que le Balaton était un lac résiduel; la Géologie et la Zoologie sont d'accord pour lui refuser cette signification. Par la présence dans ses eaux du *Gobius marmoratus*, des *Lucioperca sandra* et *Volgensis*, du *Pelecus cultratus* et de l'*Astacus leptodactyles*, qui ne se rencontrent pas dans l'Europe occidentale, le Balaton se rattache au bassin de la Mer Noire. C'est le Danube, par l'intermédiaire du Sio, qui lui a fourni et lui fournit encore aujourd'hui, par immigration directe, les éléments de sa faune.

1. *Flore.* — La *végétation* du lac dépend surtout de la nature du fond, qui peut être sableux (S., Grand Balaton), tourbeux (Petit Balaton) ou vaseux (N., Petit Balaton). Ce sont les fonds tourbeux et vaseux qui offrent la végétation la plus riche et la plus variée.

Dans les endroits tourbeux croissent l'*Hypnum*, le *Mnium*, le *Myriophyllum*, le *Ceratophyllum*, des Characées, des Utriculariées et un très grand nombre de Desmidiacées et de Protococcoïdées. Dans les endroits vaseux se développent le *Sagittaria*, le *Butomus*, le *Polygonum*, l'*Alisma*, l'*Hydrocharis*, le *Nymphaea*, etc., et parmi ces plantes de nombreures Diatomées, les *Phragmites* et *Scirpus*, se rencontrent un peu partout sur les bords.

Les *algues* de Balaton comprennent 133 genres et 458 espèces, se répartissant ainsi :

Schyzophycées : 22 genres et 45 espèces ;
Bacillariacées : 36 genres et 288 espèces ;
Chlorophycées : 55 genres et 125 espèces.

De ce nombre, il y a une Schizophycée, 8 Chlorophycées et 6 Bacillariées exclusivement propres au Balaton.

Parmi ces algues, les unes vivent en parasites des plantes, feuilles, bois, pierres, etc., corps immergés ou flottants sur lesquels elles forment un revêtement. D'autres, en quantités colossales, forment un fin tapis sur les détritus du fond. D'autres encore sont adaptées à la vie limnétique et constituent la flore flottante.

Le *phytoplankton* du Balaton est formé par une centaine d'espèces, dont un certain nombre prédominent : ce sont surtout des Bacillariacées. Les espèces les plus répandues sont :

Schizophycées : *Aphanizomenon Flos Aquae*; *Bacillariacées* : *Lysigonium varians*, *Melosira crenulata*, *Fragilaria virescens*, *mutabilis*, *capucina*, *construens*, *Odontidium tenue*, *Cyclotella balatonis*, *ocellata*, *Nitzchia sigmoidea*, *vermicularis*, *perlonga*; *Chlorophycées* : *Coelastrum cubicum*, *Scenedesmus bijugatus*, *acutus*, *obliquus*, *Closterium aciculare*, *Pediastrum simplex*, *Schizochlamys gelatinosa*, *Staurastrum paradoxum*.

Parmi ces algues, il faut remarquer la grande taille du *Nitzchia perlonga*, qui atteint de 0,5 à 0,75 millimètre, et la remarquable adaptation à la flottaison du *Closterium aciculare* et du *Staurastrum paradoxum*; ces deux Chlorophycées sont parfois si abondantes qu'elles donnent à l'eau une teinte verdâtre particulière.

Les autres algues limnétiques peuvent parfois se multiplier en de grandes quantités sous l'influence de certaines conditions favorables.

Digitized by Google

Un certain nombre d'autres organismes que ceux qui constituent normalement le plankton peuvent venir se mêler à ceux-ci; ils forment le *pseudo-plankton*.

C'est ainsi que le mouvement des vagues, amené par de grands vents ou des ouragans, peut occasionner la montée des détritus du fond ou détacher les organismes fixés sur les objets immergés; d'autre part, les algues qui se trouvent sur le fond du lac, parmi les détritus du limon, peuvent aussi être entraînées à la surface par suite des décompositions organiques dégageant des gaz : on trouve alors parmi le vrai plankton des masses feutrées formées de grandes quantités de Bacillariées et d'algues filamenteuses, mais qui ne sont que des formes accessoires, accidentelles du vrai plankton.

2. *Faune.* — La faune du lac Balaton est très riche : elle comprend (sans les insectes et leurs larves, non étudiés encore) environ 600 espèces, dont plus de trente sont nouvelles.

On compte 74 espèces d'*Oiseaux* aquatiques. C'est certainement le lac de l'Europe où la population ornithologique est la plus considérable : au printemps et en été, des quantités d'oiseaux d'eau viennent y nicher et y couver. Ils se tiennent surtout vers les bords, là où abondent les roseaux et les plantes aquatiques.

Le Balaton renferme 39 espèces de *Poissons*. Sauf la perche, la carpe et le silure, les autres poissons ne sont pas autochtones, mais arrivent dans le lac par les cours d'eau qui s'y déversent : il en est notamment ainsi pour une rareté de la faune hongroise, le *Gobius marmoratus*, qui y est amené par le Héviz. D'autres poissons n'y viennent qu'en automne pour hiverner et le quittent au printemps pour aller frayer dans les ruisseaux (*Gobius fluviatilis* et *manoscopus*).

Les poissons du Balaton sont sujets à un certain nombre de maladies, dues principalement à des parasites, dont les plus fréquents sont :

1° Les larves de *Ligula*, siégeant surtout chez la perche et la brême et déterminant chez elles l'affection connue sous le nom de ligulose;

2° Les larves de *Triaenophora* se montrent en assez grandes quantités dans le foie du sandre, où ils provoquent la formation de kystes; les *Triaenophora* adultes se rencontrent dans l'estomac et l'intestin du brochet et du sandre;

3° Le *Distomum tereticolle* se trouve chez les mêmes poissons et dans les mêmes organes, mais ordinairement en petit nombre (4 à 5 exemplaires);

4° L'intestin des carpes renferme souvent des *Echinorhynchus*;

5° On trouve fréquemment et en de grandes quantités, souvent associé avec la ligule, l'*Ichthyonema sanguineum* dans la cavité abdominale de la brême; ce parasite détermine des abcès qui entraînent la mort du poisson.

On connaît du Balaton 14 espèces d'*Amphibiens*, dont trois (*Rana esculenta*, *Molge cristata*, *vulgaris*) s'y rencontrent en tous temps. Les autres amphibiens ne fréquentent les eaux du lac qu'à l'époque du frai.

Les *Reptiles* sont au nombre de 14. Les plus communs sont l'*Emys orbicularis*, les *Tropidonotus natrix* et *tessellatus*. Ces derniers sont parfois très abondants et, à la bonne saison, vivent entièrement sous l'eau, où ils sont très nuisibles au frai des poissons.

Les *Bryozoaires* sont souvent abondants sur la rive Sud-Ouest, moins agitée par les vagues et riche en phragmitaies, nymphaies et polygonais. On en connaît 5 espèces.

Les *Nématodes libres* sont au nombre de 40 espèces, dont 18 formes nouvelles. Ils se plaisent principalement sur les fonds sablonneux du Balaton.

Les *Hydraires* n'offrent rien de particulier; le Balaton renferme les trois *Hydra* connues.

Les *Spongiaires* sont au nombre de 5. Il y a lieu de noter la présence extraordinaire de la *Spongilla Carteri*, originaire des Indes-Orientales (Env. de Bombay et Calcutta, Java, Madura). En dehors de son habitat connu, cette espèce n'a été trouvée qu'au lac Balaton et à un seul endroit du lac, à Balaton Füred, où elle existe en grandes quantités et où ses colonies caractéristiques forment des bancs entiers et recouvrent tous les corps immergés. Comment expliquer sa présence en un point si éloigné de son habitat normal?

Le problème n'a pas été élucidé. Peut-être ses gemmules y ont-ils été introduits par des oiseaux d'eau migrateurs.

Les autres groupes d'Invertébrés n'offrent rien de bien particulier à noter; ils sont répartis ainsi :

Protozoaires : 191 espèces (24 Rhizopodes, 13 Héliozoaires, 90 Mastigophora, 58 Ciliés, 6 Acinétiens);

Turbellariés : 11 espèces (9 Rhabdocœles, 2 Dendœcœles);

Rotifères : 36 espèces;

Annélides : 21 espèces (10 Hirudinées, 11 Oligochètes);

Mollusques : 47 espèces d'eau douce;

Hydrachnides : 15 espèces;

Crustacés : 73 espèces (18 Copépodes, 37 Cladocères, 15 Ostracodes, 1 Isopode, 1 Amphipode, 1 Décapode).

La *faune littorale* comprend la majeure partie des Protozoaires, Rotifères, Crustacés, Hydrachnides et tous les Nématodes, Annélides, etc.

La *faune limnétique* offre un certain nombre d'espèces prédominantes.

Ce sont surtout, pour les Protozoaires : *Raphidiophrys pallida*, *Mallomonas Plösslii*, *Synura uvella*, *Phacotus lenticularis*, *Glenodinium acutum*, *Ceratium hirundinella*. Cette espèce est parfois si abondante, en été, qu'elle donne à l'eau une coloration spéciale. Le *Ceratium hirundinella* présente au Balaton de nombreuses variétés qui ont été bien étudiées par G. Entz. On trouve encore le *Codonella lacustris* et le *Tintinnopsis cylindrica*. Ce qui est remarquable, c'est l'absence complète des *Dinobryon*, qui sont très communs dans les autres lacs de Hongrie.

Parmi les Rotifères, les types les plus fréquents sont : *Polyarthra platyptera*, *Anuraea longispina*, *cochlearis* (dominant en juillet), *aculeata* (dominant en juin), *Aspanchna priodonta*, *Notholca longispina*.

Les Crustacés que l'on rencontre le plus souvent sont : le *Cyclops tenuicornis*, le *Leuckarti*, le *Diaptomus gracilis*, le *Daphnia Kahlbergensis*, le *Daphnella brachiura*, le *Bosmina longirostris*, le *Leptodora hyalina*.

Le Zooplankton présente des migrations verticales : Pendant les journées claires, ensoleillées, ainsi que par les nuits de pleine lune, il se trouve principalement dans les couches inférieures du lac. C'est l'inverse pendant les journées où le ciel est couvert, les nuits et surtout les nuits sans lune.

III. Anthropogéographie.

Ce troisième volume comprend 5 parties :

1° l'Archéologie des environs du Balaton; 2° l'Ethnographie; 3° l'Anthropologie; 4° les villes d'eaux et les sources thermales; 5° la Bibliographie.

Archéologie. — Le fascicule qui lui est consacré comprend l'étude des objets préhistoriques et de la période romaine découverts à Veszprém et dans ses environs (Pogànytelek et Balcaza-puszta). Dans la même région, on trouvé aussi les vestiges d'une voie romaine.

Ethnographie. — Dans le premier chapitre, l'auteur examine successivement les 50 *communes* des bords du lac Balaton au point de vue de leur situation géographique, superficie, nombre de maisons, nombre d'habitants, bâtiments principaux (administratifs ou religieux), nationalité, religion et histoire.

Le deuxième chapitre est consacré aux *noms des lieux* et à leur origine. Il est suivi d'un lexique.

Le chapitre III comprend l'étude du nombre et des éléments de la *population*, en 1720, au XVIIIe siècle et de 1828 à 1890. La population en 1720 comprenait 98,5 °/₀ de Magyars; en 1890, il y avait 98,8 °/₀ de

Digitized by Google

Magyars ; le restant (1,2 %) comprend des Allemands, des Croates et des Slovaques. L'auteur s'occupe aussi dans ce chapitre des diverses *religions* (catholiques en majorité) et des *noms des familles*.

Dans le chapitre IV, l'auteur étudie l'*habitation* (type, construction, matériaux, clôtures, ornementation, mobilier, etc.), l'*alimentation* et le *costume*.

Le chapitre V est réservé à l'*agriculture* (potagers, jardins fruitiers, vignobles, jardins d'agrément, cultures, élevage des bestiaux, sylviculture, etc.).

Le chapitre VI traite de la *pêche* et de la *pisciculture* dans le lac Balaton; le chapitre VII des *mariages*, *baptêmes* et *enterrements*, et le chapitre VIII des *superstitions*, *légendes*, *coutumes* et *chansons populaires*.

Villes d'eaux et sources thermales. — Dans ce fascicule, l'auteur donne des descriptions des villes d'eaux des bords du Balaton et fournit sur chacune d'entre elles de précieux renseignements. La plus renommée est Balaton Fured. La source thermale la plus importante est à Héviz, près de Keszthely.

Bibliographie. — Le fascicule qui y est consacré renferme la liste de tous les travaux publiés sur le Balaton, ainsi qu'un certain nombre d'analyses et résumés de ces travaux.

Les *Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees* renferment de nombreuses figures dans le texte ainsi que des planches et cartes hors texte.

Dr Ernest Rousseau,
Directeur de la Station biologique d'Overmeire
et des *Annales de Biologie lacustre*.

4° Sciences médicales

Collin (Eug.), *Ex-Préparateur à l'Ecole de Pharmacie de Paris, Lauréat de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine.* — **Traité de Toxicologie. Application du microscope à la recherche des poisons végétaux.** — *1 vol. in-8°, de 228 pages avec 180 figures. (Prix : 6 fr.) Doin, éditeur. Paris*, 1908.

L'analyse chimique est souvent impuissante à caractériser seule la nature d'une intoxication, et nous pourrions citer nombre de cas très importants, où l'expert aurait tiré le plus grand parti d'un examen microscopique approfondi des débris végétaux retrouvés dans les matières ingérées.

Il semble qu'en France ces études spéciales de micrographie végétale appliquée aient été quelque peu délaissées; pourtant, s'il faut avouer que ces recherches demandent une compétence particulière, longue et difficile à acquérir, il n'en est pas moins établi que le diagnostic fait, en se servant des caractères histologiques, est d'une sûreté véritablement remarquable dans la plupart des cas.

M. Collin était la personnalité française la mieux qualifiée pour présenter un tel livre au monde savant et pour faire profiter les générations actuelles de l'érudition acquise par un labeur opiniâtre de plus de trente années. Il nous plaît de constater que ce livre, écrit par un pharmacien des plus distingués, collaborateur intime de G. Planchon, sera surtout goûté, en dehors de quelques experts toxicologues, par le public pharmaceutique, seul préparé, croyons-nous, grâce à l'enseignement pratique de ses grandes Écoles, à pouvoir s'assimiler les délicates pratiques de la recherche toxicologique végétale.

Cet ouvrage comble véritablement une lacune que chacun peut constater dans tous les Traités de Toxicologie, et, au moment où l'on se voit obligé de créer un diplôme spécial d'expert, il souligne l'importance du microscope en médecine légale, aussi bien que dans les recherches des fraudes en matières de denrées alimentaires et pharmaceutiques.

Em. Perrot,
Professeur à l'Ecole supérieure
de Pharmacie de Paris.

5° Sciences diverses

Deinhardt (K.) et **Schlomann** (A.), *Ingénieurs.* — **Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol).** *Tome II.* **Electrotechnique.** — *Oldenbourg, éditeur, Berlin et Munich; Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1908.

Cet intéressant ouvrage lexicographique peut revendiquer d'autant plus d'intérêt, à l'heure actuelle, que la rédaction du « Technolexicon », attendu avec tant d'impatience par le monde technique tout entier, vient malheureusement d'être suspendue.

Dans l'ouvrage de MM. Deinhardt et Schlomann, les matières sont ordonnées suivant un principe méthodique; le diagramme technique, si familier à l'ingénieur et qui lui donne d'emblée la notion voulue, forme le centre des traductions rendant l'idée dans chacune des six langues, tandis qu'une table des matières alphabétique, dans la seconde partie de l'ouvrage, renvoie à la page (et à la section de page) où les personnes consultant le livre sont sûres de trouver le renseignement voulu.

Ayant été revu par les praticiens des différents pays, ce dictionnaire ne renferme que les mots propres, usuels et vraiment caractéristiques de chaque idée, à l'inverse de presque tous les autres lexiques de ce genre, lesquels, tout en traînant un bagage énorme d' « à-peu-près », manquent justement de la traduction exacte de tant d'idées. Aussi cet ouvrage se prête-t-il à être employé dans les écoles comme vocabulaire technique; le diagramme central, tout en évitant les malentendus, permet aux personnes insuffisamment initiées aux mystères techniques de préciser et de corriger au besoin leurs notions.

Quant à ce qui concerne ce second volume, traitant de l'*Electrotechnique* (le premier, publié l'année dernière, était consacré aux éléments de machines et aux outils usuels), il sera surtout le bienvenu, cette branche de la technique ayant été négligée jusqu'ici — en partie à cause de ses origines relativement récentes — par les dictionnaires techniques existants.

Ce volume renferme, sur un nombre total de 132 paragraphes, environ 15.000 mots dans chacune des six langues, avec un total de presque 4.000 figures et de nombreuses formules supplémentaires. Grâce au papier très mince, bien que fort durable, il a été possible de concentrer les 2.100 pages en un espace relativement étroit, sous la forme d'un volume petit in-8°.

Dans la disposition méthodique des matières, il était possible, *a priori*, de suivre différentes méthodes aboutissant à des résultats différents, bien que l'identité linguistique de tant de notions différentes au point de vue technologique fixât certaines limites. Bon nombre de mots se rapportant aux piles et aux éléments primaires sont, par exemple, caractéristiques en même temps des piles et des éléments secondaires, et l'on peut en dire autant de bien d'autres.

Après avoir exposé la production du courant électrique dans les sources chimiques et dans les machines, les auteurs passent à la distribution, aux mesures, à la transmission et aux applications de l'énergie électrique. Ils consacrent un espace particulièrement large à la technique des courants à faible tension, dans les chapitres traitant de la télégraphie avec ou sans fil et de l'électricité médicale.

L'électrochimie n'a été traitée qu'en tant qu'elle intéresse à un point de vue pratique l'ingénieur-électricien; l'on trouvera une grande partie de l'électrochimie théorique dans les chapitres consacrés aux piles primaires et secondaires. Le domaine de la traction électrique, en raison de l'espace trop réduit, a dû être réservé à un autre volume en préparation, traitant en particulier des *Chemins de fer*.

Le présent volume a été rédigé avec le concours de M. C. Kinsbrunner, ingénieur. Alfred Gradenwitz.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

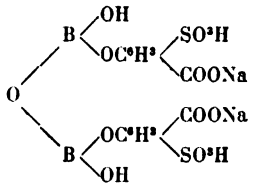
ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 24 Février 1908.

M. B. Baillaud est élu membre de la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — **M. C. Popovici** présente ses recherches sur les congruences de courbes planes. — **M. G. Remoundos**, en étudiant les singularités des équations différentielles du premier ordre, arrive à une extension du théorème de MM. Briot et Bouquet. — **M. R. Jonckheere** adresse le résultat de ses mesures des diamètres de Mercure durant son passage du 14 novembre 1907; le diamètre moyen 9",10 semble pouvoir être adopté. — **M. J. Guillaume** communique ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre 1907. Le nombre de groupes de taches a diminué, mais la surface totale a augmenté. — **M. Ch. Nordmann** montre, au moyen de son photomètre stellaire hétérochrome, que les rayons lumineux qui nous viennent des étoiles β Persée et λ Taureau semblent subir dans l'espace céleste une dispersion dont le sens est le même que pour les milieux réfringents ordinaires, la valeur de cette dispersion étant environ 3 fois plus grande pour λ Taureau.

2° Sciences physiques. — **M. E. Estanave** a réussi à produire, avec son écran de projection à réseaux lignés, une image qui change d'aspect avec l'angle de vision de l'observateur par rapport à l'écran. — **M. R. Dubois** a constaté qu'en plongeant des tubes renfermant des solutions colorées dans de l'eau de mer exposée au soleil, des bulles gazeuses se déposent sur la paroi externe des tubes, et en beaucoup plus grande abondance sur les tubes renfermant des solutions vertes. — **M. J. Danne** montre que les résultats obtenus par MM. Sarasin et Tommasina dans l'étude de la désactivation de corps activés par l'émanation du radium s'expliquent facilement en considérant la distribution du champ dans les différentes parties de l'appareil de mesure. — **M. H. Abraham** : Influence de la température sur le fonctionnement du détecteur électrolytique (voir p. 252). — **M. A. Leduc** montre que, si l'on prend pour poids atomique de l'azote 14,01, on en déduit, d'après les rapports des volumes moléculaires et des densités de CO et Az, que le poids atomique du carbone est compris entre 12,011 et 12, 016, au lieu de 12,004, nombre de Stas et Van der Plat. — **MM. Ch. Moureu** et **R. Biquard** ont reconnu que certaines sources thermales dégagent annuellement des quantités importantes de gaz rares, en particulier d'hélium (jusqu'à 10.000 litres à Bourbon-Lancy); elles pourraient servir avantageusement à la préparation de ce gaz. — **M. E. Berger** prépare l'oxybromure de phosphore par chauffage du pentabromure avec l'anhydride phosphorique et distillation : $3PBr^5 + P^2O^5 = 5POBr^3$. L'oxybromure est en cristaux, F.55°-56°. — **M. A. Colson** montre que le changement d'état allotropique du P blanc dissous dans l'essence de térébenthine, loin d'être dû à une simple condensation moléculaire, apparaît comme la résultante d'une succession d'actions chimiques formant un cycle fermé. — **M. G. Gain** a constaté que l'acide hypovanadique hydraté cristallisé $V^2O^4.2H^2O$, rose lie de vin, se transforme progressivement, même dans le vide, en un composé isomère vert-olive. La transformation a lieu même pour ses sels. — **M. G. Urbain** donne de nouveaux renseignements sur les deux éléments dans lesquels il a dédoublé l'ytterbium : le *lutécium* et le *néo-ytterbium*. Ils diffèrent fortement par leurs susceptibilités magnétiques, dont le rapport est de 53 à 13. Ces deux éléments paraissent identiques à l'aldébaranium et au cassiopéium, dont M. Auer von Welsbach a annoncé postérieurement la découverte. — **M. L. Barthe** a reconnu que le composé formé par l'action de l'acide sulfosalicylique sur le borax possède la formule :



— **M. J. Bougault**, par l'action de l'iode et du carbonate de Na sur les acides *p*-méthoxy et méthylènedioxy-phénylisocrotoniques, a obtenu les acides benzoylacryliques correspondants, F. 134° et 200°. — **MM. C. Gessard** et **J. Wolff** ont préparé un sérum antiamylasique, empêchant la saccharification de l'amidon par l'extrait de malt. Il est aussi empêchant vis-à-vis de l'extrait d'orge. — **M. H. Bierry** a constaté que le suc gastrique active nettement l'action hydrolytique de l'amylase du suc pancréatique sur l'empois d'amidon; il doit cette propriété au HCl qu'il renferme.

3° Sciences naturelles. — **M. Y. Manouélian** a observé que les petites formes de début qui apparaissent dans le lobe protoplasmique des spermatides de quelques Mammifères rappellent, par leur forme et les réactions histochimiques, les corpuscules fins qu'on rencontre dans la rage des rues ou la rage à virus fixe. Les corps plus volumineux rappellent ceux de Negri. — **M. G. Arthaud** a mesuré l'ondée ventriculaire en graduant un sphygmographe à transmission. Il trouve 40 centimètres pour la vitesse du sang et 170 centimètres cubes pour la valeur de l'ondée ventriculaire, chiffres voisins de ceux de Vierordt. — **M. E. Roubaud** a observé un phénomène particulier chez les Glossines qui propagent les trypanosomiases: c'est la fixation par le flagelle, avec transformation notable, des parasites aux parois de la trompe, avec multiplication intense au sein du liquide salivaire; c'est là une véritable culture d'attente. — **M. L. Brasil** a reconnu l'absence d'épimérite caduc chez tous les *Doliocystis*; c'est par un appareil permanent, déformable, en général invaginable, que la Grégarine se fixe sur l'épithélium, comme par une ventouse. — **M. L. Gentil** présente ses observations sur le Carbonifère et le Lias du Maroc oriental. — **M. A. Michel-Lévy** a étudié les terrains primaires du Morvan et de la Loire: 1° Dévonien supérieur : *a*) Frasnien, *b*) Famennien; 2° Carbonifère marin (Dinantien) : *a*) Tournaisien, *b*) Viséen, et les phénomènes de métamorphisme dus aux coulées éruptives. — **M. Ph. Glangeaud** montre que les dépressions oligocènes du Massif central s'étendaient non seulement à la Limagne et aux vallées de l'Alagnon et de la Dore, mais encore aux vallées de la Miouse et de la Sioule et à la grande dislocation houillère du Massif central.

Séance du 2 Mars 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Raffy** a obtenu une représentation analytique générale et explicite des surfaces à lignes de courbure confondues. — **M. C. Stoermer** signale un cas de réduction des équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique.

2° Sciences physiques. — **M. H. Becquerel** a constaté

Digitized by Google

que le rayonnement du radium communique à la plupart des fluorines une phosphorescence persistante qui, dans la chlorophane, a pour effet de superposer aux spectres de bandes une portion de spectre continu intense. Il se pourrait que ce spectre fut dû à l'effet de mouvements communiqués à certains électrons contenus dans l'atome de calcium associé à divers éléments. — **M. G. Lippmann** décrit un nouveau procédé de photographie intégrale. Une pellicule transparente de celluloïd ou de collodion est gaufrée sur ses deux faces, la face postérieure étant enduite d'émulsion sensible. Chaque gaufrure sphérique antérieure formera lentille et produira d'un objet placé au-devant une image sur la face postérieure sensible. Si l'on examine par transparence une pellicule développée, en se plaçant du côté antérieur, l'œil aperçoit, à la place du système des petites images, une seule image résultante projetée dans l'espace en vraie grandeur. — **M. J. Violle** déduit, d'un ensemble d'observations sur les résultats des engins grêlifuges, qu'une détonation isolée ne peut exercer qu'une faible action sur un nuage orageux; par contre, si les effets des tirs en masse sont encore capricieux, il n'en paraît pas moins possible de lutter avec succès contre un orage à marche lente par des tirs bien ordonnés. — **M. A. Guillet** décrit une sorte de comparateur électrique pour la mesure des petites longueurs. — **M. Ad. Minet** a étudié l'arc électrique jaillissant dans une cavité de forme cylindrique, creusée au centre d'un bloc de magnésie. La formule de régime de l'arc est $E = e + \varepsilon L$, où E est la différence de potentiel aux électrodes, e la force contre-électromotrice, ε la différence de potentiel prise sur une longueur d'arc de 1 cm. et L la longueur de l'arc. — **M. A. Faucon** a déterminé la chaleur de vaporisation de l'acide propionique; elle est égale à 90,43 cal. Introduite dans la relation de Trouton, elle donne une valeur de la constante notablement inférieure à la normale. — **M. G. Jantsch** a déterminé de nouveau le poids atomique de l'europium par transformation du sulfate octohydraté en sulfate anhydre et de celui-ci en oxyde. La valeur moyenne est de $152{,}03 \pm 0{,}02$. — **Sir W. Ramsay** et **M. Al. Cameron** estiment que la faible présence du lithium dans les minéraux radifères n'a pas la signification exclusive qu'on lui attribue, car la proportion des produits formés sous l'action du radium doit dépendre de circonstances encore inconnues. — **M. C. Marie** montre que le platine est en fait, et dès la température ordinaire, beaucoup plus oxydable qu'on ne l'admettait jusqu'ici. L'oxyde obtenu est relativement soluble. — **M. V. Auger** a obtenu, en mélangeant des solutions sulfocarboniques de soufre et de différents iodures, des produits du type $RI^n.nS^6$. Ex. : $HCI^3.3S^6$; $AsI^3.3S^6$; $SbI^3.3S^6$. — **M. A. Duboin**, en projetant, dans du fluorure de potassium fondu, de la silice, puis de la thorine, a obtenu par refroidissement des cristaux d'un silicate double de thorine et de potasse $K^2O.ThO^2.2SiO^2$. — **MM. A. Chevallier** et **L. Vérain** ont perfectionné le procédé de triage des minéraux par l'électro-aimant, en donnant au circuit magnétique de l'appareil une forme plus rationnelle et en se servant du courant fourni par les stations centrales. — **MM. P. Sabatier** et **A. Mailhe** ont constaté que les quinones aromatiques sont facilement transformées, par hydrogénation au contact du nickel divisé vers 200°, en hydroquinones correspondantes. — **MM. E. E. Blaise** et **I. Herman**, par action du ZnC^2H^5I sur le chlorure de l'acide oxypivalique acétoxylé, ont obtenu une cétone-alcool, très instable vis-à-vis des alcalis étendus à chaud. — **MM. G. Bertrand** et **P. Bruneau** ont préparé la *d*-talite pure par isomérisation de l'acide *d*-galactonique en acide *d*-talonique et réduction de ce dernier par Na. Elle fond à 86°; $[\alpha]_D = +3°,05$. — **MM. A. Meyer, G. Schaeffer** et **E. F. Terroine** ont étudié le passage de l'état de solution vraie à l'état de solution colloïdale dans la série des savons alcalins des acides gras saturés. — **M. A. Auché** montre que la bilirubine, en milieu alcalin et par oxydation au moyen de l'iode en présence d'oxyde de zinc, fournit un spectre caractéristique, qui permet de la déceler facilement.

3° Sciences naturelles. — **M. Ch. Nicolle** a pu reproduire le Kala-azar par inoculation de cultures du parasite au chien. Il semble que le Kala-azar soit une maladie du chien transmissible à l'homme par les parasites cutanés. — **M. L. Bruntz** a mis en évidence l'existence de glandes céphaliques chez le *Machilis maritima*; ces glandes sont des glandes muqueuses. — **M. P. Lesne** a découvert sur les chênes-lièges d'Algérie la chenille d'un Lépidoptère hétérocère, le *Zeuzera pyrina*, qui constitue un ennemi redoutable par les longues galeries qu'elle creuse. Le sulfure de carbone paraît être efficace contre ce parasite. — **M. A. Doby** a découvert aux environs de Châtillon-sur-Saône des nappes de porphyres pétro-siliceux avec tufs, intercalées au milieu de conglomérats et de grès permiens. — **M. M. Boule** a reconnu, sur des plaquettes d'un schiste siliceux provenant de Madagascar, des empreintes d'un reptile rhyncocéphale et d'une feuille de *Glossopteris indica*. Ces découvertes établissent l'existence du Permien à Madagascar. — **M. J. Savornin** a reconnu la présence de l'Infralias (tout au moins l'Hettangien), accompagnant le Trias, dans les trois départements de l'Algérie.

Séance du 9 Mars 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. E. Traynard** démontre que la surface du 4e degré sur laquelle sont tracées 30 droites formant 18 groupes de 8 droites situées sur autant de quadriques est hyperelliptique. — **M. G. Kolossoff** présente ses recherches sur les problèmes d'élasticité à deux dimensions. — **M. C. Störmer** étudie un cas de réduction des équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique. — **M. Ch. Nordmann** a reconnu que l'amplitude et la forme de la variation lumineuse de β Lyre et δ Céphée diffèrent notablement suivant qu'on considère telle ou telle région de leur spectre visible.

2° Sciences physiques. — **M. I. Bay** adresse une observation de foudre en boule faite à Saint-Georges de Reneins (Rhône) le 26 mai 1907. — **M. P. Langevin** indique deux nouvelles démonstrations de la formule de M. Einstein donnant le déplacement d'une particule sphérique par suite du mouvement brownien dans un liquide. — **M. E. Branly** a constaté que la sensibilité des révélateurs électrolytiques augmente sous diverses influences : élévation de température, agitation par translation mécanique, dégagement gazeux dans l'électrolyte. — **M. G. Athanasiadis** décrit diverses expériences sur les flammes sonores renforçant plusieurs sons. — **M. J. Thovert** présente un nouveau dispositif spectrophotométrique destiné à donner deux plages juxtaposées de coloration uniforme. — **M. Dautriche** a reconnu qu'un nuage formé de poussières d'un sel quelconque de potasse ou de soude s'oppose à la combustion des gaz et des poussières combustibles; les sels alcalino-terreux n'ont qu'une action secondaire. Cette propriété pourra être appliquée à l'amélioration des explosifs et des artifices de mise de feu pour mines grisouteuses. — **M. J. Meunier** a obtenu la combustion sans flamme de l'alcool à la surface du disque de cuivre d'une lampe à alcool; ce phénomène est dû à la rétention de l'oxygène à la surface du disque. — **M. de Forcrand** a reconnu que la température de dissociation des carbonates de Li, Ca, Sr et Ba est toujours plus basse que celle qui résulte des chaleurs de formation à la température ordinaire. Il faut que les chaleurs de formation aux températures élevées soient plus basses qu'à la température ordinaire. — **Mme Z. Gatin-Gruzewska** donne une nouvelle méthode de séparation de l'amylopectine, formant l'enveloppe du grain d'amidon, et de l'amylose, ou substance interne. L'amylopectine est un corps mucilagineux ayant les caractères de l'amidon, excepté celui de rétrograder après chauffage; l'amylose est un ensemble de sub-

Digitized by Google

stances plus ou moins condensées ou hydratées solubles. — M. L. **Maquenne** pense que l'amylose dérive de l'amylopectine, par condensation de celle-ci, et qu'on devra trouver des termes intermédiaires. D'autre part, l'empois de fécule, non surchauffé, n'est pas un véritable colloïde. — MM. **Brocq-Rousseu** et **Ed. Gain** ont constaté que les peroxydiastases des graines peuvent parfois disparaître au bout de vingt ans; mais ils en ont retrouvé aussi dans des graines datant de deux siècles.

3° Sciences naturelles. — MM. **Sartory** et **Jourde** ont observé que le *Sterigmatocystis lutea* est doué d'un pouvoir pathogène très marqué pour le lapin, en donnant des lésions comparables à celles des aspergilloses expérimentales. — M. **Oehlert** montre que les minerais de fer de la Basse-Normandie et du Maine se rattachent à l'Ordovicien moyen et qu'il y aurait lieu de les rechercher dans d'autres synclinaux normands. — M. **Alb. Michel-Lévy** présente ses recherches sur le métamorphisme et la tectonique des terrains paléozoïques du Morvan et de la Loire. — M. **Ph. Glangeaud** a reconnu l'existence, dans la Limagne, de sept périodes d'activité volcanique s'échelonnant du Miocène inférieur au Pléistocène inférieur.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 Mars 1908.

M. le Président annonce le décès de M. **van den Corput**, correspondant étranger.

M. **Galippe** présente un Rapport sur un travail du Dr **Didsbury**, relatif au traitement de l'onycophagie par les appareils de prothèse dentaire. L'auteur a adapté sur les grosses molaires inférieures des onycophages un appareil amovible disposé de telle façon que, lorsque les incisives supérieures se rapprochent des inférieures, elles ne puissent plus se rencontrer. L'auteur a obtenu de bons résultats; mais il sera toujours utile de compléter ce traitement en s'adressant à la cause même de cette habitude vicieuse, c'est-à-dire en pratiquant la rééducation de la volonté ou en recourant à la suggestion hypnotique. — MM. **M. Hanriot**, **G. Meillère** et **Peytel** ont procédé à une étude nouvelle et complète de toutes les eaux minérales de l'Algérie et donnent les résultats de l'analyse de ces eaux, faite suivant une méthode uniforme. L'Algérie est très riche en eaux thermales, dont presque toutes ont une action thérapeutique. Malheureusement, elles manquent d'installations pour recevoir les Européens, et celles dont se servent les indigènes sont dans un état hygiénique déplorable. L'Administration a toutefois l'intention de mettre en valeur les plus importantes de ces sources. — M. **J. Dejerine** lit un travail intitulé : Contribution à l'étude de la guérison de l'aphasie motrice. — M. **H. Roger** donne lecture d'une note sur une nouvelle mycose expérimentale. — M. M. **Letulle** présente un travail sur la sporotrichose de la muqueuse bucco-pharyngée. — M. le Dr **Ausset** lit une étude clinique sur 300 cas d'ophtalmo-réaction à la tuberculine.

Séance du 10 Mars 1908.

M. **E. Lancereaux** présente un Rapport sur un Mémoire de MM. **Léopold-Lévi** et **H. de Rothschild**, intitulé : Contribution au traitement thyroïdien du rhumatisme chronique. Sur 39 cas de cette affection observés dans les deux sexes, chez des sujets de douze à soixante-quinze ans, l'opothérapie thyroïdienne a donné, dans 32 cas, de bons effets, se traduisant par la diminution des douleurs, l'assouplissement des articulations, l'amélioration des déformations et des déviations. — M. le Dr **Menetrier** lit un travail sur la classification des sarcomes. — M. **A. Borrel** présente une étude sur les épithélioses. — M. **Cuguillère** lit un travail relatif à des essais de traitement curatif de la tuberculose chez les animaux.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 29 Février 1908.

M. **L. Lapicque** déduit, de ses expériences sur l'excitation du gastrocnémien de grenouille avec un double condensateur, qu'il y a un minimum dans les valeurs du potentiel nécessaires pour atteindre le seuil de l'excitation. — M. **L. Blaizot** a fait l'étude histologique de l'épithélium utérin chez l'*Acanthias vulgaris* avant la première gestation. — MM. **Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont constaté que les globulins du sang de l'âne ont la forme de bâtonnets, animés de mouvements d'ondulation sur leur axe longitudinal, et devenant ovalaires à la température ordinaire. — MM. **Lesieurs**, **Monod** et **A. Morel** ont reconnu que l'urobiline absorbée par le tube digestif ne passe pas ou très faiblement dans les urines des grenouilles d'hiver dont le foie est sain. Si le foie est enlevé, elle passe rapidement dans le sang, accompagnée de biliverdine. — M. **F. Guéguen** décrit une méthode précise de détermination des pouvoirs antiseptiques. Dans une série de tubes à essais, on répartit des quantités égales de gélatine nutritive, où l'on fait dissoudre des quantités croissantes d'antiseptique. On ensemence et on note les tubes où ne se produit pas de culture. — M. **E. P. Fortin** a étudié les particularités de la vision chez le Caméléon; sa fovéa se rapproche de celle de l'homme. Il possède un champ visuel petit, mais un champ de fixation considérable. — M. **M. Nicloux** a constaté, chez la chèvre soumise à l'anesthésie par l'éther, que ce corps passe dans le lait en quantité notable. — MM. **C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont reconnu que les lipoïdes pouvant servir au séro-diagnostic de la syphilis n'existent pas seulement dans le foie; on les retrouve également dans le cerveau, les hématies, les leucocytes, le sérum sanguin. — MM. **H. Labbé** et **G. Vitry** ont observé que, dans l'indoxylurie provoquée chez le lapin, la quantité d'indican éliminée n'est pas directement proportionnelle à la quantité d'indol ingérée. — MM. **H. Labbé**, **G. Vitry** et **Magrangeas** ont constaté que l'action des antiseptiques intestinaux, en particulier le calomel, sur l'élimination des sulfo-éthers urinaires et leur rapport à l'Az total est à peu près nulle. — M. **E. Maurel** a étudié l'influence de la voie d'administration sur la dose minima mortelle de sulfate de strychnine. — M. **L. Brasil** a suivi la croissance du *Doliocystis elongata* dans l'intestin du *Lumbriconereis impatiens*. Ce parasite présente des analogies de structure et de croissance avec le *Lankesteria ascidiae*. — MM. **A. Mayer**, **G. Schaeffer** et **E. F. Terroine** ont reconnu qu'à partir du caproate les savons de la série des sels alcalins d'acides gras saturés se comportent comme des colloïdes négatifs. — MM. **G. Raviart**, **M. Breton** et **G. Petit** déduisent, d'essais faits sur 400 aliénés, que la réaction de Wassermann est le plus souvent positive dans la paralysie générale. — MM. **J. Thiroloix** et **G. Rosenthal** montrent que la diminution de virulence des cultures aérobisées permet de vacciner rapidement les animaux contre le bacille d'Achalme. — MM. **M. Doyon** et **Cl. Gautier** ont reconnu que les deux actions de l'atropine sur la coagulabilité du sang et sur la pression artérielle ne sont pas indissolublement liées; suivant le point d'injection, l'une peut faire défaut. — MM. **P. Remlinger** et **Osman Nouri** ont observé qu'un poisson vivant dans une eau contaminée — par le bacille typhique ou le vibrion du choléra — renferme dans ses organes des germes pathogènes; mais ceux-ci sont toujours détruits par la cuisson. — M. **C. Turlais** montre que la cardiographie humaine, dotée d'une technique systématique, peut donner des indications utiles sur les contractions pathologiques cardiaques.

Séance du 7 Mars 1908.

M. **P. Bonnier**, dans 16 cas d'entérite chronique, a cautérisé systématiquement les cornets inférieurs sur leur face supérieure; il a obtenu 14 guérisons. —

Digitized by Google

M. A. Guieysse signale des phénomènes intéressants de régénération de fragments nucléaires dans les cellules géantes expérimentales, phénomènes qu'il désigne sous le nom de caryoanabiose. — **M. H. Guilleminot** décrit un procédé de mesure, en unités M, de la quantité de rayons X réellement absorbée par les tissus. — **M. G. Weiss** a reconnu que la lumière n'a pas d'influence sur les échanges gazeux des grenouilles immobilisées. — **M. M. Sakorraphos** déduit de ses recherches que l'ophtalmo-réaction à la tuberculine, quoique constante au cours de la tuberculose, n'est pas exclusive. — **M. L. Tixier** a constaté que le sérum physiologique et le sérum marin produisent, chez le nourrisson atteint de gastro-entérite, une prolifération assez intense des éléments cellulaires de la moelle osseuse. — **MM. Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont reconnu qu'à tous les stades de la gravidité, on peut trouver la glande interstitielle de l'ovaire à un état quelconque de développement chez la lapine. — **M. G. Rosenthal** montre qu'à la limite de sa vitalité, le vibriogène, soit spontanément, soit par de brusques variations dans ses conditions d'existence, peut se transformer en un diplocoque affectant les principaux caractères de l'entérocoque, quoique de vitalité en général amoindrie. — **M. P. Portier** a constaté que les poissons de petite taille ont sensiblement une température égale à celle du milieu ambiant, tandis que les poissons de grande taille ont une température de 0°,5 environ. Il faut faire exception pour le thon, dont la température peut dépasser de 10° celle du milieu ambiant. — **MM. E. Gorter** et **W. C. de Graaff** recommandent la méthode de Herter et de Foster pour la détermination quantitative de l'indol, en y introduisant quelques perfectionnements. — **M. H. Iscovesco** a observé que la cholestérine jouit d'un pouvoir antihémolytique et peut être administrée avec succès dans les cas d'anémie et de déglobulisation. — **MM. C. Levaditi** et **S. Mutermilch** ont reconnu que l'antigène cholérique qui intervient dans la réaction de Bordet et Gengou est soluble dans l'alcool à 85°; la réaction est absolument spécifique. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** montrent que le virus spécifique de la syphilis peut se conserver longtemps au point d'inoculation sans engendrer la moindre réaction locale visible à l'œil nu. Les spirochètes de Schaudinn se divisent par segmentation transversale. — **MM. Ch. Aubertin** et **E. Beaujard** signalent deux formes de leucopénie produite par les rayons X : l'une due à la dégénérescence du tissu myéloïde, l'autre produite par la destruction des leucocytes dans tout l'organisme, et pouvant coïncider même avec une hyperplasie médullaire notable.

M. Et. Rabaud est élu membre titulaire de la Société.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 18 Février 1908.

M. A. Briot présente de nouvelles expériences en faveur de l'identité de la parachymosine et de la pepsine. Il communique, d'autre part, des essais montrant l'action du temps de contact entre le sérum et le ferment dans l'inhibition qu'exercent certains sérums sur l'action coagulante de la parachymosine. — **M. Ch. Livon** présente un chien hypophysectomisé depuis trois mois; l'enlèvement de l'hypophyse n'a probablement pas été complet, car il n'aurait pas survécu. — **M. C. Gerber** étudie l'action des sulfates neutres et acides de potassium et de sodium sur la coagulation des laits cru et bouilli par les présures. — **MM. Aubert** et **Guérin** ont déterminé un moustique capturé à Marseille dans le parc du Pharo; c'est un *Stegomyia fasciata*, probablement importé des pays chauds par un navire. Il ne paraît pas capable de se reproduire chez nous. — **MM. Alezais** et **Bricka** montrent que, dans les tumeurs parotidiennes, un certain nombre de cellules cartilagineuses ramifiées doivent leur origine à une transformation incomplète de cellules myxomateuses.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 21 Février 1908.

M. H. Abraham : *Influence de la température sur les constantes d'un détecteur électrolytique.* Le mode de fonctionnement d'un détecteur électrolytique paraît pouvoir être à peu près caractérisé par deux quantités : 1° sa capacité de polarisation au voisinage immédiat de la polarisation normale sous laquelle il est utilisé ; 2° sa résistance ohmique intérieure, en série avec la capacité de polarisation. Ces quantités ont pu être mesurées au moyen du galvanomètre à courants alternatifs pour courants à 500 périodes qui a été présenté antérieurement à la Société, avec lequel on détermine aisément les amplitudes et les phases des courants. La capacité est de l'ordre des centièmes de microfarad, et la résistance intérieure de plusieurs milliers d'ohms pour les détecteurs de bonne sensibilité employés en télégraphie sans fil. Des détecteurs à fil plus gros, qui sont moins sensibles, ont une capacité plus forte et une résistance plus faible; la variation de ces quantités est moins rapide que la variation de surface libre de l'électrode. Pour trouver l'*influence de la température*, des détecteurs ont été chauffés à 120°. Leur résistance est réduite à quelques centaines d'ohms, et leur capacité augmente jusque vers un demi-microfarad ; mais cette augmentation de résistance ne nuit pas à la sensibilité. Leur faible résistance intérieure permet, à sensibilité égale, un meilleur accord, une syntonie plus parfaite du circuit vibrant et des ondes excitatrices. Ces circonstances peuvent rendre quelques services en télégraphie sans fil. — **M. E. Ducretet** rappelle ses expériences de 1898 et les dispositifs d'accord employés et décrits par lui dès cette époque, dispositifs maintenant utilisés avec succès dans tous les postes de télégraphie sans fil. Il décrit ses postes d'essai de la rue Claude-Bernard et de la rue Custine, dans Paris, et l'énergie qui est nécessaire pour établir la communication, sans fil, entre ces deux postes, malgré les obstacles immédiatement interposés. Avec expériences, M. Ducretet décrit deux types de transformateurs à haute tension à circuit magnétique ouvert et à circuit magnétique fermé; il met en évidence les avantages de l'emploi d'un éclateur en vase clos avec circulation de gaz, éclateur accouplé au dispositif d'accord par un résonnateur Oudin à réglage, indiqué par Ducretet dès 1898. Tous les appareils, qui constituent un *poste complet*, sont ainsi montrés à la Société: dispositifs de protection; récepteur à relais avec Morse automatique; détecteur électrolytique, suivant M. le capitaine Ferrié, avec récepteurs téléphoniques à réglage très sensible; dispositifs d'accord combinés; manipulateur automatique pour les phares et les sémaphores. Tous ces appareils, employés aux grandes distances, possèdent des détails de construction qui caractérisent les modèles Ducretet.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 28 Février 1908.

M. M. Delépine présente un dispositif pour un fractionnement sous pression réduite. — **M. E. Fouard** expose les résultats actuels de recherches, en cours d'exécution, sur les propriétés physico-chimiques de l'amidon, en relation avec son état colloïdal. L'amidon étudié a été préalablement déminéralisé par un traitement à froid à HCl à 4/1000 pendant six heures, puis, après épuisement total de l'acide et des sels solubles par lavages répétés et dessiccation à l'air, soumis à l'action modérée de la chaleur, soit à 80° dans une étuve à sec (procédé Fernbach et Wolff), soit à 55-60° sous une couche d'eau (modification de l'auteur). Cet amidon présente, entre autres propriétés déjà étudiées par l'auteur, celle d'une gélification réversible de ses pseudo-solutions aqueuses, au point de vue de l'action du temps et de la chaleur. Le colloïde a été soumis, en

Digitized by Google

état de fluidité maxima et en milieu stérile, à la filtration sur sac de collodion, suivant le procédé utilisé pour séparer la partie liquide des particules non fluides d'un milieu colloïdal. Contrairement aux résultats connus jusqu'ici, le liquide filtré, qui ne présente plus les caractères d'un colloïde, contient cependant une partie notable de la substance même du milieu initial: il est ainsi démontré que ce liquide est une *solution parfaite d'amidon pur*. Cette solution vraie présente, d'autre part, une instabilité remarquable; tantôt celle-ci se traduit par l'apparition lente d'un trouble pulvérulent, de granulations microscopiques analogues à celles qu'a vues M. Maquenne dans ses études sur l'amidon; tantôt elle se révèle, sans changement visible extérieur, par une modification du pouvoir rotatoire de l'amidon dissous, quand on soumet la solution diluée à une simple ébullition. L'auteur en déduit que l'ensemble colloïdal primitif doit être un mélange de molécules d'amidon à des degrés de condensation moléculaire variables, depuis la molécule dissoute jusqu'à l'agrégat solide, système hétérogène en équilibre variable avec chaque facteur d'action. M. L. **Maquenne** fait observer que la solution d'amidon décrite par M. Fouard possède toutes les propriétés des solutions d'amylose qu'il a étudiées en collaboration avec M. Roux. M. **Fouard** a été également frappé de cette analogie, mais il n'a pas osé conclure à l'identité des deux produits; d'ailleurs, M. Fouard s'est attaché spécialement à l'étude physico-chimique de la solution claire d'amidon; il revendique comme nouveau le procédé de préparation de cette solution, qui est différent de celui employé par M. Maquenne. A ce propos, M. E. **Léger** cite la méthode de Mohr, qui consiste à congeler l'empois d'amidon, et qui permet, après liquéfaction, d'obtenir rapidement par filtration une liqueur limpide. M. M. **Tiffeneau** signale qu'en traitant pendant un temps très court l'empois par de l'alcool, et en reprenant ensuite par l'eau, on obtient une solution claire qui filtre assez vite. M. L. **Maquenne** rappelle qu'il a utilisé aussi le froid pour arriver au même but, et il conclut en énonçant quelques considérations sur la nature de l'empois d'amidon; d'après lui, cet empois serait constitué par une bouillie de particules semi-solides baignées d'un liquide clair et non colloïdal. Les phénomènes de coagulation apparente seraient causés par l'osmose, qui provoquerait le gonflement des particules semi-solides sous l'influence de l'eau et empêcherait ainsi mécaniquement la filtration. Avec des solutions hypertoniques, au contraire (sulfate de soude, eau de chaux), ce phénomène ne se produit pas et les empois se laissent facilement filtrer. — M. **Georges Darzens** a *hydrogéné les bases quinoléiques* par la méthode de Sabatier et Senderens. Contrairement aux travaux de Padoa, qui obtenait des dérivés indoliques, il a observé une hydrogénation régulière à la température de 180°, avec un nickel réduit à 245°-250°, et obtenu les dérivés tétrahydrogénés dans le noyau pyridique. Il n'a pas été possible de dépasser le terme tétrahydrogéné. Pour purifier le produit de la réaction, on le traite par l'anhydride acétique, qui acétyle les bases hydrogénées. On traite ensuite par HCl dilué pour enlever la base quinoléique non hydrogénée. En traitant par l'acide carbonique les produits d'hydrogénation, il n'a pas été possible de mettre en évidence des bases octo ou décahydrogénées, qui ont la propriété de donner des carbonates. En terminant, M. Darzens fait remarquer que cette méthode de purification par les carbonates lui a permis également de purifier les hexahydro-diméthyl- et diéthylanilines déjà préparées par M. Sabatier; l'hexahydrodiméthylaniline bout à 159°, son picrate fond à 176°-177°; l'hexahydrodiéthylaniline bout à 191°; son picrate fond à 91°-92°. Les chloroplatinates de ces bases cristallisent difficilement et ne sont pas caractéristiques. — M. V. **Auger** présente les premiers résultats d'un travail qu'il a entrepris sur des composés d'un nouveau type obtenus par l'action des iodures minéraux et organiques sur le soufre. Dans ces composés insolubles, il semble que le soufre ait gardé son poids moléculaire et qu'il soit uni à l'iode dans la proportion d'une molécule par atome d'iode. Ont été obtenus et analysés jusqu'ici les composés suivants : $HCI^3.3S^8$; $C^2I^4.4S^8$; $SbI^3.3S^8$; $AsI^3.3S^8$; $PI^3.3S^8$. Des essais effectués avec l'iodure d'étain ont donné des résultats positifs. Et il est probable que ce type de combinaisons pourra être étendu à d'autres iodures nouveaux et organiques.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 5 Décembre 1907.

MM. L. **Hill** et M. **Greenwood** : *Influence de l'augmentation de pression barométrique sur l'homme. IV. Le rapport de l'âge et du poids du corps avec les effets de décompression.* Voici les conclusions de ce travail : 1° Les Mammifères de petite taille sont relativement à l'abri des effets de la décompression; 2° Cette immunité dépend de la rapidité de la circulation et peut être détruite en altérant cette dernière par le chloroforme; 3° L'âge a probablement de l'importance *per se*, mais une importance bien inférieure à celle du poids du corps. Il n'y a pas de preuve convaincante que deux animaux de même poids, mais d'âges différents, présentent des pouvoirs de résistance inégaux; 4° Il n'est pas prouvé que des animaux de petites dimensions soient plus rapidement empoisonnés par de hautes pressions d'oxygène que de grands animaux. La conclusion pratique de ces recherches est que les jeunes hommes possédant un faible poids du corps, mais une vigoureuse circulation, devraient être choisis pour les travaux dans l'air comprimé. — M. C. E. **Beevor** : *Sur la distribution des différentes artères qui alimentent le cerveau humain.* La surface de distribution des diverses artères du cerveau a été déterminée en les injectant simultanément, sous la même pression, avec de la gélatine contenant des couleurs solubles; cette méthode n'avait pas été employée jusqu'alors. On a injecté ainsi 87 cerveaux. Les artères injectées étaient les postérieures communicantes, la choroïde antérieure, la cérébrale postérieure. La méthode d'investigation a consisté à injecter simultanément, au moyen de bouteilles de pression, 3, 4 ou 5 de ces artères avec des couleurs solubles différentes. La matière injectée était de la gélatine colorée avec du carmin soluble, du bleu Nicholson, du vert naphtol, du jaune d'acridine et du brun Bismarck. Douze classes différentes d'expériences sont décrites. Les cerveaux étaient durcis dans de la formaline et ensuite coupés et examinés dans les plans sagittal, horizontal et coronal. Les parties du cerveau dont l'alimentation artérielle n'avait pas été décrite ou a été trouvée différente de la description d'autres savants sont : la région subthalamique avec le *corpus subthalamicum* et le champ de Forel; *le pes pedunculi*; le corps mamillaire; le membre antérieur de la capsule interne; les noyaux caudal et lenticulaire; les différents noyaux du thalamus optique (le thalamus n'est pas alimenté par les artères lenticulo-optiques de Duret); la partie antérieure de la membrane choroïde, qui est alimentée par l'artère choroïde antérieure; le fornix et la commissure antérieure. L'absence d'anastomoses des trois artères alimentant le membre postérieur de la capsule interne et des deux artères allant à la tête du noyau caudal fut également notée. Dans le cortex, l'aire cérébrale antérieure s'étend sur la surface extérieure le long de la ligne médiane : postérieurement jusqu'à mi-chemin entre la fissure rolandique et la fissure pariéto-occipitale externe, et inférieurement jusqu'au *sulcus frontalis* supérieur. L'aire cérébrale moyenne atteint sur la surface extérieure la ligne médiane pour la moitié postérieure du lobe pariétal, puis postérieurement le pôle postérieur ou s'arrête à un demi-pouce en avant, et inférieurement le milieu du troisième gyrus temporal. Les fibres occipitales des radiations optiques dans le bord supérieur de la fissure calcarine sont généralement alimentées par l'artère

Digitized by Google

cérébrale moyenne et dans le bord inférieur par l'artère cérébrale postérieure, excepté pour le pouce postérieur environ, qui est fourni entièrement par la cérébrale postérieure. La connaissance de la partie exacte du cerveau qui est alimentée par une artère est de grande importance dans la diagnose des parties du cerveau qui subissent le ramollissement, lorsque cette artère particulière est obstruée par un caillot sanguin.

Séance du 12 Décembre 1907.

M. P. A. Mac Mahon présente une théorie des invariants opérationnels pour la quantique binaire d'ordre *n*. — **M. G. H. Darwin** a repris ses recherches sur la stabilité de la figure en forme de poire d'une masse de liquide en rotation, à la suite des travaux de M. Liapounoff sur le même sujet qui l'ont conduit à une conclusion contraire. L'auteur emploie une nouvelle méthode de calcul plus rigoureuse et ne peut que confirmer ses résultats précédents, c'est-à-dire que la figure en forme de poire est stable. — **M. H. Lamb** illustre par quelques exemples la *théorie de la stabilité cinétique*. Il arrive, en particulier, à la conclusion qu'un arbre réellement symétrique, tournant exactement autour de son axe, sur des coussinets rigides, avec une vitesse dépassant celle du mode le plus grave de vibration transverse, sera rendu instable par les forces visqueuses affectant le mouvement relatif, telles qu'elles se présentent par suite de la friction interne de la substance. Cette instabilité peut, il est vrai, prendre du temps pour se développer, mais le résultat est inévitable. Le fait que des arbres sont mus sans accident à des vitesses dépassant la limite critique ainsi indiquée doit être attribué à la mise en œuvre de forces dissipantes affectant les vibrations absolues aussi bien que relatives. Le siège de ces forces doit probablement résider dans un fléchissement des coussinets. — **M. G. Forbes** poursuit ses recherches de Balistique extérieure et présente un nouveau viseur pour le tir des canons. — **M. C. Chree** a étudié la *marche de la déclinaison magnétique à Kew de 1890 à 1900*. Les jours de perturbations présentent une variation diurne régulière bien marquée, différente de celle des jours calmes. En analysant les inégalités en séries de Fourier, on trouve que la différence porte surtout sur le terme de vingt-quatre heures, dont l'amplitude et la phase sont fortement influencées par les perturbations. L'auteur a déterminé l'intervalle absolu de la déclinaison (maximum absolu-minimum absolu) pour chaque jour pendant les onze années et l'a comparé avec l'aire des taches solaires; le résultat, sans infirmer la théorie d'Arrhénius pour certaines tempêtes magnétiques, montre qu'elle n'explique pas complètement les faits. — **M. J. A. Crowther** présente ses recherches sur l'*éparpillement des rayons β de l'uranium par la matière*. Un faisceau parallèle de rayons β est éparpillé par son passage à travers la matière, l'éparpillement étant pratiquement complet après que les rayons ont traversé une épaisseur de substance variant de 0,015 cm. pour l'aluminium à 0, 0002 cm. pour l'or. Cette dispersion, après une correction pour la perte d'énergie due à l'absorption des rayons, peut être représentée par une équation de la forme $I/I_0 = e^{-\sigma d}$, où d est l'épaisseur de la matière traversée par les rayons, σ le coefficient de dispersion pour les rayons, I_0 l'intensité initiale d'un pinceau parallèle étroit de radiation β traversant une faible section transversale du pinceau, I l'intensité qui passe à travers la même section transversale quand une épaisseur d de matière est placée sur le trajet du faisceau à une distance considérable de cette section transversale. Le rapport du coefficient de dispersion σ au coefficient d'absorption λ est approximativement constant pour toutes les substances mesurées, sa valeur moyenne étant d'environ 13. La valeur du rapport σ/ρ, où ρ est la densité, présente des variations analogues à celles du rapport σ/λ. — **M. Ch. H. Lees** a étudié l'*effet des basses températures sur les conductivités thermiques des métaux purs et des alliages*. L'auteur a employé une modification de la méthode de Wiedemann et Franz; l'appareil était placé dans un vase à vide de Dewar, qui pouvait être rempli d'air liquide. Voici les résultats obtenus :

SUBSTANCES	A — 160° C.	A — 80°	A 0°	A + 18°
Cu	1,075	0,960	0,924	0,916
Ag	0,998	1,006	0,981	0,974
Zn	0,278	0,269	0,269	0,268
Cd	0,239	0,228	0,219	0,217
Al	0,514	0,493	0,502	0,504
Sn	0.192	0,173	0.160	0,157
Pb	0,092	0,085	0,084	0,083
Fe	0,152	0,150	0,147	0,147
Ni	0,129	0,136	0,140	0,140
Acier	0,113	0,115	0,116	0,115
Laiton	0,181	0,223	0,254	0,260
Maillechort	0,043	0,049	0,056	0.059
Manganine	0,035	0,040	0,050	0,052

D'une façon générale, les conductibilités thermiques des métaux les plus purs diminuent lorsque la température s'élève entre — 160° et + 18° C.; celles des alliages étudiés augmentent, au contraire, dans le même intervalle. — **M. E. E. Brooks** présente ses *observations sur le spectre du magnésium* et du prétendu hydrure de magnésium, obtenu par la décharge d'étincelles sous pression réduite. Il a reconnu que la présence d'hydrogène sec n'est pas suffisante pour amener l'apparition des cannelures attribuées à l'hydrure; ce spectre ne peut être vu qu'en présence d'une trace de vapeur d'eau ou d'oxyde. Ce n'est donc pas un spectre d'hydrure, mais plutôt le spectre du métal dans un état naissant particulier. — **M. W. N. Hartley** a étudié le *spectre d'absorption des vapeurs du benzène et de ses homologues à diverses températures et pressions et celui des solutions de benzène*. Les bandes d'absorption dans le benzène à 100° sont presque les mêmes qu'à basse température, avec des variations dans la définition des rayons les moins réfrangibles. Le benzène a donc à 100° la même masse moléculaire qu'à 25° ou à 12°,7. Les variations dans le spectre du benzène à différentes températures et pressions s'expliquent par le fait qu'il y a deux sortes d'absorption : une absorption *générale*, qui s'élargit et s'étend vers les rayons les moins réfrangibles par élévation de température, et une absorption *sélective*, qui comprend les bandes individuelles et groupes de bandes étroits; ces derniers ne sont pas élargis et déplacés par élévation de température. L'absorption générale est due aux rencontres des molécules, l'absorption sélective aux vibrations des atomes ou complexes d'atomes dans la molécule. L'auteur termine en établissant une distinction entre les spectres d'absorption des vapeurs et des solutions. — Sir **W. de W. Abney** a étudié l'*action de l'ozone sur les pigments des couleurs à l'eau*. A l'état humide, l'ozone n'a aucun effet sur les couleurs qui ne sont pas affectées par la lumière, à l'exception du vert émeraude. En outre, l'ozone n'a pas d'effet sur le bleu de Prusse, le bleu d'Anvers, le vermillon et l'auréoline, qui sont détruits par la lumière. Par contre, l'ozone sec n'a aucune influence sur les couleurs également desséchées.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 28 Février 1908.

MM. S. W. J. Smith et **H. Moss** présentent leurs *recherches sur les différences de potentiel au contact déterminées au moyen des « solutions zéro »*. Quand un jet de mercure tombe à la surface d'un électrolyte, il y a en général une f. é. m. E_p entre le jet et une électrode de mercure tranquille plongée dans l'électrolyte. Cette f. é. m. est égale à la f. é. m. polarisante E_m requise pour produire la tension superficielle maximum entre le mercure et l'électrolyte. Il en résulte qu'un jet de mercure ne présente aucune différence de potentiel vis-à-vis du mercure tranquille quand tous deux sont en contact avec un électrolyte dont la tension

Digitized by Google

superficielle « naturelle » est maximum. C'est ce que Palmaer a appelé une « solution zéro ». Les auteurs indiquent une méthode générale pour préparer des « solutions zéro » au moyen d'un électrolyte MX quelconque (pour lequel E_m est positif) : elle consiste dans l'addition à l'électrolyte d'une très faible quantité de M^2S (M = K ou Na). Dans ces solutions, la différence de potentiel Hg/solution zéro n'est pas nulle ; elle est variable, mais toujours égale à la différence de potentiel jet de Hg/solution zéro. — **M. W. C. M. Lewis** a étudié expérimentalement la *théorie de la concentration superficielle de Gibbs, regardée comme base de l'adsorption.* La concentration de la substance dissoute dans la couche superficielle d'une solution dépend des variations de la tension superficielle d'après l'équation :

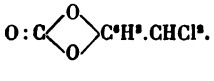
$$\Gamma = \frac{-c}{RT}\frac{d\sigma}{dc},$$

où Γ est l'excès de masse de la substance dissoute par centimètre carré de surface, *c* la concentration moyenne de la solution, T la température absolue, R la constante des gaz et σ la tension superficielle. Les effets de tension superficielle étant considérés comme la base de l'adsorption, des expériences d'adsorption ont été faites entre une couche d'hydrocarbure pur et des sels biliaires en solutions aqueuses. Les valeurs trouvées pour Γ sont environ cinquante fois plus grandes que les valeurs calculées. L'auteur n'a pas encore trouvé la cause de cet écart réel.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 20 Février 1908.

M. F. S. Kipping a résolu, par la méthylhydrindamine active, l'oxyde de *dl*-sulfobenzyléthylpropylsilicyle et a obtenu deux composés optiquement actifs, énantiomorphes, de formule $[SO^2H.CH^2.C^6H^4.Si(C^2H^5)(C^3H^7)]^2O$; $[\alpha]_D = \pm 5°,8$ à 5°,9. — **MM. H. Hartley, N. P. Campbell** et **R. H. Poole** décrivent un procédé pour préparer de l'eau dont la conductivité ne dépasse pas 1 gemmho ($1,0 \times 10^{-6}$ ohm réciproque). Ils sont arrivés à construire une colonne rectificatrice qui, en une seule opération, donne de l'eau d'une conductivité de 0,75 gemmho à 18°, en partant d'eau distillée ordinaire. — **M. G. T. Morgan** et **Mlle F. M. G. Micklethwait** ont constaté qu'un sel diazoïque de 2:4:6-trinitrophényl-*p*-phénylènediamine, traité par l'acétate de sodium, fournit un dérivé *p*-diazoiminé stable, de propriétés analogues à celles des arylsulfonyl-*p*-diazoimides. Les sels diazoïques de 2:4-dinitrodiphényl-, de 2- et 4-nitrophényl-*p*-phénylène-diamine donnent moins facilement des diazoimines et celles-ci sont moins stables. — **M. V. H. Veley** a poursuivi ses recherches sur les constantes d'affinité des bases, déterminées à l'aide du méthyl-orange ; pour l'hydrazine et les acides aminoacétiques, les résultats concordent avec ceux de la méthode de conductibilité électrique. — **M. G. Barger** montre que, dans les composés chlorés formés par chauffage des éthers méthyléniques des dérivés du catéchol avec PCl^5, les deux atomes de Cl introduits dans le groupe méthylénique sont facilement remplaçables, sous l'action de l'eau ou de l'acide acétique glacial, par un atome d'O, avec formation d'un carbonate cyclique, comme :



— **M. G. T. Morgan** et **Mlle F. M. G. Micklethwait** ont constaté que les arylsulfonylbenzidines donnent des sels de diazonium cristallisés, fournissant, par traitement avec l'acétate de soude aqueux, des composés bruns cristallisés, qui sont soit des nitrosoamines monohydratées, soit des diazoimines dihydratées. — **M. N. L. Gebhard** décrit une forme simple de manomètre pour la distillation dans le vide. — **MM. W. H. Bentley** et **Ch. Weizmann**, en condensant : 1° l'anhydride phtalique et l'éther triméthylique du pyrogallol ; 2° l'anhydride hémipinique et le vératrol ; 3° l'anhydride hémipinique et l'éther triméthylique du pyrogallol en présence d'$AlCl^3$, ont obtenu des acides benzoylbenzoïques substitués, qui, traités par H^2SO^4, fournissent des dérivés oxyanthraquinoniques. — **M. S. Ruhemann** a reconnu que le phénylpropiolate d'éthyle se condense avec les cétones $R.CH^2.CO.R'$ en présence d'éthoxyde de Na pour donner des dérivés de la 4-pyrone. — Le même auteur a étudié les produits de réaction de la phénylthiocarbimide sur les éthers éthyliques des acides malonique et cyanacétique sodés. — **MM. M. O. Forster** et **H. E. Fierz** ont préparé l'acide α-triazopropionique $CH^3.CHAz^2.CO^2H$, F. 0°, et son éther éthylique, Eb. 46° sous 2 millimètres. Le β-triazopropionate d'éthyle, $Az^2CH^2.CH^2.CO^2C^2H^5$, bout à 58° sous 4 millimètres ; traité par AzH^3, il élimine de l'acide azothydrique. — **MM. W. H. Perkin jun.** et **R. Robinson** poursuivent leurs recherches sur la brésiline et l'hématoxyline et ont réalisé la synthèse de l'acide anhydrobrésilique.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 13 Février 1908.

1° Sciences physiques. — **M. A. Wassmuth** a reconnu que les variations de température d'un barreau d'acier soumis à la torsion deviennent plus élevées (de 27,8 et 35,5 °/₀) quand ce barreau est magnétisé dans un sens ou dans l'autre. Il communique de nombreuses mesures qui mettent ce phénomène en évidence. — **MM. A. Grau** et **F. Russ** ont poursuivi leurs recherches sur la combustion de l'air dans les arcs électriques à flamme. La formation du bioxyde d'azote suit la loi de l'action de masse ; l'équilibre est indépendant de la longueur de l'arc entre 3 et 7 cm. Quand on fait brûler l'arc dans l'oxygène, une augmentation de pression exige, comme dans l'air, une élévation de tension. Par contre, pour l'arc brûlant dans l'azote, la variation de pression ne produit aucune variation appréciable de tension dans la limite des expériences.

2° Sciences naturelles. — **M. C. von Pirquet** expose les bases d'une théorie des maladies infectieuses. Il conclut que la durée d'incubation ne dépend pas seulement du corps étranger infectieux, mais aussi de l'organisme atteint. Les phénomènes morbides n'apparaissent que lorsque les anticorps formés dans l'organisme entrent en réaction avec le corps étranger. L'immunité durable acquise consiste dans la faculté de l'organisme de former plus rapidement de tels anticorps, caractérisée par la diminution du temps d'incubation. Il y a donc une différence clinique entre l'immunité antitoxique et l'immunité antibactérienne en ce que la réaction est d'autant plus forte dans la première, d'autant plus faible que la seconde, qu'elle se produit plus rapidement. — **M. F. Steindachner** décrit trois nouveaux Characinés et trois Siluroïdes de l'Amazone : *Hemiodus goeldii*, *Anostomus elongatus*, *Piabuca purusii*, *Ageneiosus vittatus*, *Duoplatinus goeldii* et *Zungaropsis multimaculatus* n. g. n. sp. — **M. R. Pöch** présente ses observations sur le *Welwitschia mirabilis* faites dans le désert de Namib en décembre 1907. Il estime que les insectes ne servent qu'occasionnellement de porteurs de pollen et que la fécondation a lieu surtout par le secours du vent.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 25 Janvier 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. C. Kluyver** : *Sur la surface cyclique minima.* Enneper a démontré (*Zeitschrift der Math. und Phys.*, t. XIV) l'existence d'une surface minima contenant un système de circonférences de cercle situées en des plans parallèles, le lieu des centres étant une courbe plane. Ici M. Kluyver se pose le problème suivant : « Deux cercles égaux

Digitized by Google

se trouvent en deux plans parallèles; sous quelles conditions est-il possible de faire passer par ces deux cercles une surface cyclique minima? ». Soit le rayon des cercles l'unité, le milieu de la distance des centres l'origine des coordonnées, le plan XOY parallèle aux plans des cercles et supposons que les centres se trouvent dans le plan XOZ; alors on trouve que ces centres (x, o, z) et $(-x, o, -z)$ doivent être situés à l'intérieur d'une courbe transcendante pour que la surface soit possible. Alors il y a deux solutions, et c'est toujours la surface la plus oblique qui représente la solution stable; ces deux solutions coïncident si les centres se trouvent sur la courbe transcendante. — **M. P. H. Schoute** : *Sur les réseaux quadridimensionaux et leurs sections tridimensionales* (Première partie). Transformation du réseau des octaédroïdes (cellules de mesure C^8 de l'espace E^4) dans le réseau formé par trois groupes équivalents de cellules C'^{16} (hexadécaédroïdes) et le réseau des C^{24} (icosatétraédroïdes). Assemblages quadridimensionaux de Bravais. Relations entre les quatre groupes d'axes des cinq cellules C^8, C'^{16}, C'^{16}, C''^{16}, C^{24}. — **M. J. de Vries** présente au nom de **M. Z. P. Bouman** : *Contribution à la connaissance des surfaces à courbure moyenne constante.* Déduction des deux équations simultanées aux dérivées partielles du premier ordre et du second degré :

$$2\frac{du}{d\xi}\cdot\frac{du}{d\eta}+(v-u)\frac{du^2}{d\xi d\eta}=0,\qquad 2\frac{dv}{d\xi}\cdot\frac{dv}{d\eta}-(v-u)\frac{dv^2}{d\xi d\eta}=0.$$

Réductions de ces équations à

$$\left(\frac{ds_1}{d\eta}\right)^2=\left(\frac{ds_2}{d\eta}\right)^2-2Qs_1^2,\qquad \left(\frac{ds_1}{d\xi}\right)^2=\left(\frac{ds_2}{d\eta}\right)^2-2Qs_1^2.$$

2° Sciences physiques. — **M. A. F. Holleman** présente au nom de **M. J.-J. Blanksma** : *Sur la constitution de l'oxyméthyl-dinitro-benzène-nitrile* de van Geuns. La constitution est $C^6H^2(OCH^3)CAz(AzO^2)^2$ 1 : 2 : 4 : 6. — **M. P. van Romburgh** présente au nom de **M. F. M. Jaeger** : *Sur l'analogie dans la forme des cristaux chez les produits de substitution halogénés des hydrocarbures à chaîne ouverte.* Les recherches de l'auteur communiquées donnent une nouvelle preuve de la valeur de la théorie de MM. Barlow et Pope comme moyen de prédire les analogies géométriques des formes cristallines des espèces de molécules en rapport mutuel de substitution. Ces prédictions peuvent être vérifiées par l'expérience. Pour le CH^4, il n'y a qu'une manière la plus dense de remplir l'espace, où l'on attribue à l'atome C une sphère d'action quatre fois plus grande que celle de chacun des quatre atomes H. Cette distribution s'obtient si l'on place les sphères d'action des atomes C aux sommets des cellules hexaédriques d'un assemblage de Bravais et les sphères d'action des quatre atomes H en forme de groupe tétraédrique aux centres des cubes, de manière que leurs axes trigonaux coïncident avec ceux de l'assemblage. Cette distribution possède la symétrie tétartoédrique régulière. L'auteur s'occupe successivement des substances de formules $CH^3.CBr^2.CBr^2.CH^3$ (point de fusion 220°), C^2I^4, $C^2H^2I^2$, $C^2H^4I^2$, $CH^2 : CH.CH : CH.CH : CH^2$, etc. A la position des sphères d'action de C^2I^4 d'après Barlow et Pope, il attribue les deux diagrammes suivants (fig. 1 et 2), dont chacun fait connaître trois couches formant ensemble six couches qui se répètent indéfiniment. Ensuite M. Jaeger étudie encore six autres substances : $CH^2 : CH.CHBr.CHBr.CH : CH^2$ (F. 85°,5 à 87°); $CH^2Br.CHBr.CHBr.CHBr.CH : CH^2$ (F. 115°); $CH^2Br.CHBr.CH^2.CH^2.CHBr.CH^2Br$ (F. 63°); $I^2C : CI^2$ (F. 192°); $(CH^2Br)^4C$ (F. 163°); $CH^3.CBr^2.CBr^2.CH^3$ (F. 230°).

3° Sciences naturelles. — **M. J. W. Moll** présente au nom de **Mlle T. Tammes** : *Der Flachsstengel, eine statistisch-anatomische Monographie* (La tige du lin, étude statistique-anatomique). — Rapport de **MM. J. W. van Wyhe** et **H. Weber** sur le mémoire de **Mlle Cl. Polak** : « Die Anatomie des Genus *Colobus* » (L'anatomie du genre *Colobus*). Anatomie d'un genre de singes; un seul individu, du genre féminin, de *Colobus*

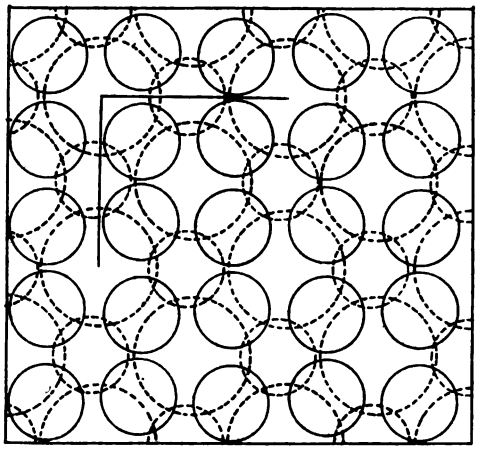


Fig. 1.

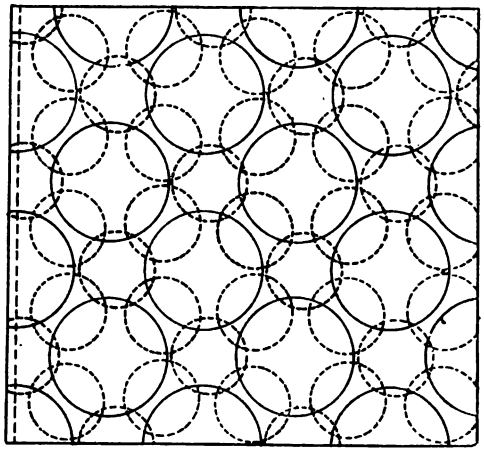


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — *Diagrammes de l'assemblage des sphères d'action dans les molécules de* C^2I^4.

guereza a servi comme matière d'expérience sur laquelle l'auteur a basé son étude qui est très importante pour tous ceux qui s'occupent de l'anatomie comparée des *Primates*. — **MM. W. Einthoven** et **H. J. Hamburger** : Rapport sur la question de la participation des Pays-Bas à la fondation d'un Laboratoire de Physiologie au col d'Olen sur le Mont Rose. — Rapport annuel de la Commission géologique.

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 7 15 AVRIL 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Élection à l'Académie des Sciences de Paris. — Notre éminent collaborateur, M. Maurice Hamy, vient d'être élu à l'Académie des Sciences, dans la Section d'Astronomie, en remplacement de Janssen. La Section avait présenté en première ligne MM. H. Andoyer et M. Hamy, en deuxième ligne M. P. Puiseux; au second tour de scrutin, M. Hamy a été élu par 31 voix contre 28 à M. Puiseux.

Il n'est pas une des branches de l'Astronomie où n'ait pénétré M. Hamy; que les questions abordées par lui se rapportent à la Mécanique céleste, à l'Astronomie d'observation ou à la Spectroscopie, les solutions qu'il en fournit sont toujours également élégantes et originales, et, même dans les sentiers qui paraissent les plus battus, elles dévoilent, grâce à des aperçus ingénieux ou profonds, des perspectives insoupçonnées.

En Mécanique céleste, on doit à M. Hamy la démonstration de ce fait remarquable que les surfaces de séparation des divers milieux qui constituent les planètes ne sont certainement pas toutes des ellipsoïdes et que, de plus, les couches superficielles elles-mêmes ne peuvent être limitées exactement par des surfaces de cette nature. Dans un autre ordre d'idées, il a fait connaître une méthode nouvelle et rapide permettant de connaître *a priori* et sans avoir recours aux procédés de calcul habituels, qui sont extrêmement laborieux, l'ordre de grandeur des inégalités des planètes.

La Technique instrumentale doit à M. Hamy quelques progrès importants : il a, le premier, appliqué les méthodes interférentielles à l'étude fondamentale des tourillons de la lunette méridienne, et à celle des micromètres; il a imaginé et construit, en partant d'une étude purement analytique et théorique de la question, un bain de mercure à couche épaisse et à suspension particulière qui résoud les difficultés contre lesquelles on avait toujours lutté en vain dans les observatoires situés, comme celui de Paris, sur le sol trépidant d'une ville.

Dans le domaine de la Spectroscopie, enfin, M. Hamy a découvert, au moyen de méthodes interférentielles originales, divers faits importants, notamment, d'une part, que le mode d'excitation des tubes à vide est capable de modifier non seulement, comme on le savait déjà, le nombre des raies du spectre, mais encore la position de certaines de ces raies; d'autre part, que la position moyenne des raies métalliques où des dispersions différentes décèlent plusieurs composantes, est modifiée lorsque la température de la vapeur métallique varie de quelques degrés seulement. Que signifie, dans ces conditions, la soi-disant fixité des raies du spectre solaire?

On voit, par cette brève esquisse, combien sont originaux et suggestifs tous ces travaux. L'Académie des Sciences, en admettant dans son sein M. Maurice Hamy, a voulu rendre à son œuvre un hommage aussi mérité qu'il est flatteur. Nous adressons à notre éminent collaborateur nos bien vives félicitations.

§ 2. — Astronomie

A propos d'un projet pour la détermination des longitudes sur terre et sur mer. — Cette question, fondamentale pour les astronomes, les navigateurs et les géographes, a fait, à la séance de l'Académie des Sciences du 30 mars dernier, l'objet d'une communication et d'un vœu du plus haut intérêt, présentés par M. Bouquet de la Grye.

On sait que plusieurs méthodes ont été employées successivement pour la détermination de la longitude, qui résulte elle-même de la connaissance simultanée, à un instant donné, de l'heure locale et de l'heure du premier méridien. La détermination de l'heure locale se fait, sur terre et sur mer, par les procédés astronomiques ordinaires; et les diverses méthodes diffèrent uniquement par la nature du *signal* qui transmet au lieu considéré l'heure du méridien initial. Dans les opérations géodésiques, on a employé longtemps à cette fin, et quand la distance des deux lieux n'était pas trop grande, des *signaux de feu* produits, soit par la combustion d'une certaine quantité de poudre, soit par l'explosion d'une fusée. Nous ne citons que pour mémoire cet ancien procédé, et uniquement parce que, comme on le verra ci-dessous, le projet de M. Bouquet de la Grye en évoque le souvenir, de même que la télégraphie sans fil rappelle à divers égards l'ancien télégraphe optique. On a utilisé ensuite, et on utilise

Digitized by Google

encore, à terre et en mer, comme *signaux*, certains phénomènes célestes visibles au même instant dans les deux lieux, tels que les occultations d'étoiles par la Lune, l'observation de distances déterminées de la Lune aux principales étoiles, etc... En outre, on a songé à emporter simplement, d'une station à l'autre, l'heure du méridien initial au moyen de chronomètres, et c'est sans doute à l'emploi de cette méthode, aujourd'hui si usitée en mer, que sont dus les perfectionnements importants réalisés depuis le XVIIIe siècle au point de vue de la marche des chronomètres portatifs. Enfin, et c'est la méthode la plus usitée actuellement sur terre, on a eu l'idée d'envoyer le *signal* en question au moyen du télégraphe. Bien entendu, cette méthode, qui n'est pas utilisable en mer, a, en outre, l'inconvénient de ne s'appliquer sur le continent qu'aux stations reliées par un fil télégraphique.

M. Bouquet de la Grye a pensé que la télégraphie sans fil fournirait une solution nouvelle et peut-être définitive de la question; et le principe de la solution qu'il propose est, en effet, remarquablement simple et élégant. Il consisterait à envoyer, chaque jour, à un instant déterminé, un puissant signal hertzien qui porterait dans une région de grand rayon l'heure du premier méridien. Étant donné que les ondes hertziennes du poste de la Tour Eiffel peuvent arriver actuellement à 2.000 kilomètres, M. Bouquet de la Grye estime que les signaux émanés d'une antenne reliant, par exemple, le pic de Ténériffe (3.710 mètres d'altitude) à la mer, auraient sans doute une portée dix fois plus grande, c'est-à-dire iraient jusqu'aux antipodes, et porteraient à tous les navires répandus sur la surface des océans le signal dont dépend la sûreté de leur marche et souvent leur salut.

M. Bouquet de la Grye juge, d'ailleurs, qu'il serait nécessaire d'envoyer ce signal de préférence à minuit, pour que les rayons solaires ne viennent pas perturber l'onde avant qu'elle ait fait dans les deux sens la moitié de la circonférence de la Terre.

La possibilité de ce signal mondial a été reconnue aussi bien par le président de la Commission de la télégraphie sans fil, M. Becquerel, que par l'amiral Gachard, qui dirige actuellement les communications hertziennes de la Tour Eiffel au Maroc. Ce dernier estime même inutile d'avoir recours au pic Ténériffe, la montagne elle-même pouvant être une gêne pour la transmission des ondes; et il semble qu'une plage de quelques kilomètres se prêterait mieux à l'installation de l'antenne destinée à ce signal mondial. M. H. Poincaré a, de son côté, émis l'avis que la transmission d'un signal hertzien de l'une à l'autre antipode lui paraît théoriquement réalisable, quelle que soit la manière dont on envisage la propagation des ondes électriques le long de la convexité du Globe : soit qu'on l'attribue, comme certains, à un phénomène de diffusion de ces ondes, soit qu'on en voie la cause dans une série de réflexions successives des ondes entre les deux couches conductrices entre lesquelles elles se propagent, et qui sont d'une part la surface des océans et des terres, d'autre part l'atmosphère supérieure raréfiée.

Comme l'a rappelé en termes éloquents M. Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, après l'exposé de M. Bouquet de la Grye, la question des longitudes fut au XVIIIe siècle la grande question de l'Académie, et les hommes qui s'occupèrent alors d'en chercher la clef dans les perfectionnements compliqués des chronomètres eussent été certes émerveillés s'ils avaient pu soupçonner la solution à la fois si simple et si générale que nous venons d'exposer.

Le projet de M. Bouquet de la Grye est véritablement grandiose; les bienfaits qui en découleront sont si véritablement évidents qu'il ne peut pas ne pas être réalisé.

Ch. Nordmann,
Astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris.

Parallaxe de la nébuleuse d'Andromède. — M. Karl Bohlin, de Stockholm, a fait connaître récemment les résultats de trois déterminations de position des noyaux de la nébuleuse d'Andromède, d'après les mesures prises par des clichés photographiques. Les mesures ont été faites sur 41.000 pointages et donnent pour la parallaxe $+0'',08$, $+0'',20$, et $+0'',19$. La moyenne de ces trois déterminations, en tenant compte de leur nombre, est $+0'',17$. Cette nébuleuse serait donc à une distance stellaire relativement proche, représentant dix-neuf années de lumière. Il est opportun d'ajouter qu'il paraît bien difficile de mesurer la position d'un noyau de nébuleuse à quelques centièmes de seconde et même à un dixième de seconde près.

§ 3. — Mécanique appliquée

Encore le vol des Oiseaux. — *Nous avons reçu de M. Weyher, sous une forme humoristique qui plaira à nos lecteurs, la Note suivante sur la question du vol des Oiseaux. Pour expliquer le vol, n'a-t-on pas été jusqu'à invoquer une électricité qui prendrait naissance par le frottement de l'air sur les plumes de l'oiseau! Si les remarques de M. Weyher n'avaient pour résultat que de ruiner certaines théories, — bonnes tout au plus à expliquer le vol des canards, — nous aurions déjà le devoir de les publier. Mais nous sommes certain qu'elles intéresseront tous ceux qui se préoccupent sérieusement des questions d'aviation.*

(Note de la Direction.)

N'est-il pas stupéfiant de constater, de nos jours encore, la facilité avec laquelle l'esprit humain est prêt à accepter les hypothèses les plus extravagantes pour l'explication de certains faits ou phénomènes et de voir combien il attache d'importance à de longs développements, le plus souvent incompréhensibles, plutôt qu'à la simple interprétation rationnelle de ces faits? Très souvent, d'ailleurs, cette interprétation est acquise depuis longtemps, mais elle est restée lettre morte, précisément à cause de sa simplicité, toujours moins attrayante que le mystère. A ce point de vue, et laissant de côté, pour aujourd'hui, la matière proprement dite et considérée par certains auteurs comme « disparaissant pour se transformer en énergie »?! je voudrais toucher quelques points concernant les oiseaux et pour lesquels on a été jusqu'à invoquer la radio-activité, voire même le spiritisme, et à se demander si, par ces moyens ou d'autres d'un genre inconnu, l'oiseau ne jouirait pas de la faculté de se soustraire à la pesanteur, ne fût-ce que par instants.

Les discussions relatives à ces questions, à la mode en ce moment, ont donné lieu au rappel de nombre de faits signalés à différentes époques et auxquels aucun démenti ne saurait être donné, car on peut les voir tous les jours se reproduire encore.

Reste à savoir si les observations ont toujours été correctes et si les auteurs en ont noté toutes les circonstances, ce qui est pour le moins douteux.

Reprenant quelques exemples à propos desquels la discussion s'éternise, je citerai entre autres :

L'observation de Humboldt qui, dit-on, a vu un condor s'élever en spirales à une hauteur prodigieuse sans donner un seul coup d'ailes et alors que l'atmosphère était parfaitement calme.

Un autre observateur a constaté qu'un aigle avait quitté la cime d'un rocher pour gagner un rocher voisin, mais situé à une altitude supérieure d'au moins trente mètres, et cela en ouvrant simplement ses ailes.

Il m'a été donné d'observer le même fait pour des corbeaux passant, par le même procédé, d'une falaise à un autre point plus élevé.

J'ai vu aussi des cigognes monter sur des spires à une énorme altitude sans remuer leurs ailes, puis regagner la ville contre le vent sans aucun battement.

Digitized by Google

J'ai pu voir aussi, comme d'autres, l'albatros, un goëland suivre le navire à vapeur sur lequel je me trouvais, et cela sans travailler des ailes et par un temps tout à fait calme. Et ainsi bien d'autres exemples; mais où voit-on qu'il y ait dans tout cela place pour le mystère?

Si Humboldt n'a pas constaté de vent à l'endroit d'où il observait le condor, cela ne signifie pas du tout que celui-ci ne profitait pas des courants ascendants d'un tourbillon; le calme plat signalé par l'auteur justifie, au contraire, cette interprétation, car il est de toute nécessité que le vent ne souffle pas pour qu'un tourbillon puisse prendre naissance au sein de l'atmosphère.

Ce n'est pas là une hypothèse gratuite, car j'ai eu l'occasion de constater un fait analogue et que voici: par une journée d'été, alors qu'aucun vent ne se faisait sentir, mais à l'approche d'un orage, les nombreux martinets qui chassaient de tous côtés ont pris tout à coup leur vol tous vers une même région, dans laquelle ils se sont élevés jusqu'à perte de vue, comme aspirés par un gouffre supérieur. Et qu'on ne dise pas que c'est l'électricité du nuage orageux qui les attirait!, car ils s'élevaient vers la partie du ciel encore découverte; d'ailleurs, si, au moyen de l'électricité dite statique, on peut attirer des balles de sureau ou de menus fétus, jamais on n'arrivera à soulever un martinet; tout au plus pourrait-on aboutir à faire se dresser son duvet de plume.

Par un hasard bien favorable à ma thèse, quelques semaines après et presque à la même place où j'avais vu monter les hirondelles, et par un temps absolument calme, comme aussi à l'approche d'un gros nuage orageux, j'ai pu apercevoir tout à coup une portion de ce nuage se mettre à tourner autour d'un centre, tandis que directement au-dessous, à la surface de la mer encore calme, se formait un panache blanc d'écume; c'était là un signe évident de l'existence d'un tourbillon aérien entre la nuée et la mer et qui allait déterminer une trombe marine, qui d'ailleurs a avorté.

Il me paraît donc hors de doute que les martinets avaient rencontré une circonstance semblable le jour où ils sont allés tous se perdre dans les hauteurs.

Revenant aux corbeaux de la falaise, j'avais pu me rendre compte que, pendant qu'ils se livraient à leurs ébats, le vent soufflait de la mer et, par conséquent, venant buter contre les parois de la falaise, il était obligé de changer de direction et de s'écouler en montant, suivant un courant plus ou moins vertical. Les oiseaux n'avaient alors qu'à étendre leurs ailes et à utiliser ce courant ascendant: en partie pour progresser, ce qui leur était facile en raison de la construction de leurs ailes rigides à l'avant, mais flexibles vers l'arrière, et en partie pour gagner un point plus élevé, soulevés qu'ils étaient par la pression de l'air sous leur voilure.

L'aigle, en allant de la cime d'un rocher à l'autre cime plus élevée, n'a pu faire que le même emploi de l'air, qui avait pris une direction ascendante en venant se heurter contre les flancs de la montagne.

Quant aux albatros et aux goëlands suivant les navires, qui donc n'a vu un coureur cycliste derrière la pétrolette de son entraîneur? De toute évidence, l'oiseau se maintient dans le sillage aérien du bateau, et chacun aussi a pu se rendre compte d'un pareil sillage en suivant des yeux le mouvement de l'air rendu visible par la volute de poussière qui s'élève et accompagne par derrière tout véhicule lancé à une vitesse suffisante.

S'agit-il du vol par orbes des oiseaux voiliers, personne n'a pu constater ce genre de vol s'il ne régnait pas à ce moment un vent d'une certaine intensité.

Qu'a donc à faire un voilier pour profiter de ce vent et pour s'élever à toute hauteur sans fournir de travail musculaire?

Pour s'en rendre compte, il suffit de le regarder opérer: toujours il commence par se donner une vitesse V très supérieure à celle v du vent régnant, soit par battements préliminaires de ses ailes, soit en se laissant tomber d'une hauteur suffisante. Animé de cette vitesse V, il aborde le vent au point m et commence à décrire un arc de cercle, le corps presque horizontal et, par suite, les ailes étendues presque verticalement ainsi qu'on le voit en A (fig. 1). Il présente alors la totalité du dessous de sa voilure à peu près normalement à la direction du vent v dont il reçoit la poussée. S'il progressait en ligne droite et, malgré sa vitesse V supérieure à la vitesse v du vent, il serait très vite et fortement entraîné dans le sens de ce vent; mais n'oublions pas qu'il décrit une circonférence et que, par conséquent, il est soumis à la force centrifuge; celle-ci peut vite atteindre une valeur quadruple et même décuple de celle de son propre poids[1]. C'est cette force centrifuge qu'il oppose à la poussée du vent depuis le point m jusqu'au point n, c'est-à-dire pendant un tiers environ de la circonférence complète.

Le travail qu'il emmagasine alors en parcourant cet arc de cercle mAn dans une position presque perpendiculaire à la direction du vent et en utilisant celui-ci par l'inclinaison transversale de ses ailes, ainsi que cela se passerait pour une aile de moulin à vent, ce travail, dis-je, est très grand relativement à son poids, puisque ce travail est fonction de la force centrifuge,

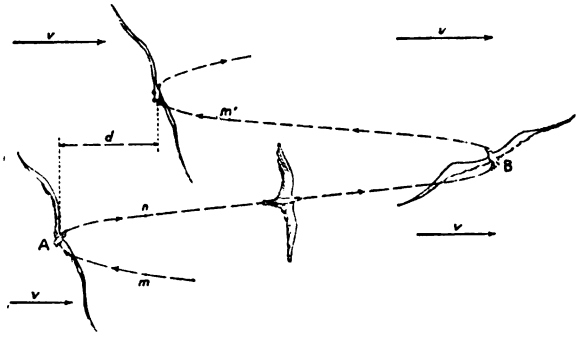


Fig. 1. — *Vol par orbes des oiseaux voiliers.* — L'arc m A n est représenté sur le croquis comme vu en projection verticale; si l'on en fait la projection horizontale en traçant la circonférence sur la ligne joignant AB comme diamètre, et si l'on tire un trait prolongé passant par mn, on verra que ce trait laisse à sa gauche un peu moins que le tiers de la circonférence. — Dans cette figure, les ailes sont vues en A par leur tranche et se réduisent, pour ainsi dire, à des lignes. Dans la position intermédiaire, les ailes semblent repliées en partie; ce n'est qu'un effet de perspective. Dans toutes les positions, l'oiseau conserve ses ailes ouvertes en grand et son dos est constamment tourné vers l'intérieur des circonférences.

en sorte qu'il peut non seulement entretenir sa vitesse V, mais même l'augmenter, ce qui lui permet largement de continuer son chemin sur l'orbe tout en s'élevant et de parcourir le restant du tour pour revenir en un point m' reprendre au vent une nouvelle impulsion, et ainsi indéfiniment à chaque révolution.

En somme, l'oiseau n'a autre chose à faire qu'à se balancer dans le vent en changeant progressivement son inclinaison sur l'horizon, de telle manière qu'elle soit maximum au passage du point A et minimum au point B, étant entendu que, dans toutes les positions, le sommet de l'angle formé par la ligne de ses ailes et l'horizon soit toujours dirigé vers l'intérieur des circonférences parcourues.

[1] Mettons que l'oiseau pèse 1 kilog, que sa vitesse V soit de 20 mètres, et que le rayon r de la circonférence parcourue soit de 10 mètres. En ce cas, la force centrifuge F devient:

$$F = \frac{pV^2}{gr} = \frac{1 \times \overline{20}^2}{9{,}8 \times 10} = 4 \text{ kilogs.}$$

Digitized by Google

L'oiseau s'incline bien moins sur l'horizon dans toutes les parties parcourues sur l'orbe autres que la partie *m* A *n*, car il ne cherche plus alors qu'à éviter de quitter la circonférence sous l'action de la force centrifuge, ce qui lui est facile, car cette force centrifuge décroît rapidement comme le carré de la vitesse, et celle-ci, tout en restant supérieure à celle du vent, diminue cependant notablement en cours de route à cause du travail absorbé par la progression et la montée de l'animal jusqu'en un point *m'*, à partir duquel il reprend au vent une nouvelle impulsion. Bien entendu, l'oiseau s'applique à trouver le plus tôt possible à chaque tour ce point *m'* en cherchant ce qu'on appelle, en termes de marine, « à naviguer au plus près », et c'est la force centrifuge qui fait pour lui l'office de la résistance de l'eau pour le bateau.

Lorsque l'oiseau, en décrivant ses orbes, est parvenu à toute hauteur, il peut alors prendre telle direction qu'il lui plaît, même aller contre le vent ; il n'a pour cela qu'à profiter de sa chute et à se laisser glisser sur l'air et sur une pente plus ou moins prononcée, suivant qu'il désire se transporter en un point moins ou plus éloigné. **Ch. Weyher.**

§ 4. — Électricité industrielle

Exposition internationale des applications de l'Électricité. — Une Exposition rétrospective de l'Electricité appliquée à l'Industrie proprement dite se tiendra à Marseille, en 1908.

Le Comité d'organisation est désireux d'y voir figurer tous les appareils qui marquent une date de construction, une des étapes par lesquelles a passé le développement de l'Industrie électrique. Il serait donc reconnaissant à toutes les personnes, convaincues comme lui de l'intérêt d'une semblable disposition, qui voudraient bien lui confier les appareils dont elles disposeraient, et qui seront naturellement rendus à la fermeture de l'Exposition.

Le président du Comité de l' « Exposition internationale des applications de l'Electricité, Marseille, 1908 » recevra 48, rue de Dunkerque, à Paris, les propositions que l'on voudra bien lui adresser.

§ 5. — Chimie industrielle

Le procédé de M. Garros pour les cuissons instantanées en Céramique. — Jusqu'à présent, dans la petite, la moyenne et certaines grandes industries céramiques, on a cuit les biscuits de porcelaine (notamment à la Manufacture nationale de Sèvres), les biscuits de faïence, les grès, les émaux, les couleurs de décors..., en les plaçant, suivant un mode approprié, en cazettes dans les fours; puis on chauffe bien lentement et on laisse refroidir de même. Ces excessives précautions sont indispensables à cause de la non conductibilité pour la chaleur des corps composants et produits résultants (silicates divers d'alumine, de chaux, de magnésie).

Pour cet échauffement lent, il est évident qu'il se consume une quantité relativement grande de combustible, qui porte son effet non seulement sur les objets à constituer, à cuire, mais aussi inutilement sur la masse de la cazetterie et de la maçonnerie du four. Plus cet échauffement dure, plus on dépense de calorique en pure perte, par entraînement dans la cheminée ou par rayonnements divers. De plus, toutes les calories utilisées pour l'échauffement, particulièrement de la maçonnerie, se dégagent sans autre emploi pendant le refroidissement.

Or, M. Garros vient de mettre au point, et à la portée des petits et moyens fabricants, et aussi, pour certains côtés, de la grande industrie céramique, un nouveau genre de cuissons qu'il dénomme *cuissons instantanées*. Elles sont très rapides et faciles à réaliser, car on n'a plus besoin d'un homme de profession pour conduire ce côté important de la fabrication ; elles sont donc de grande économie, puisque, sur la pratique antérieure, M. Garros a pu réaliser en certains cas une économie de combustible allant jusqu'à 45 %.

La méthode de M. Garros repose sur la substitution, aux anciennes cazettes en matériaux réfractaires, de boîtes-cazettes métalliques, conductrices de la chaleur, et dont le métal constituant peut supporter sans se désagréger les changements brusques et répétés de température. A l'intérieur de ces boîtes métalliques se développe, par le chauffage, une température uniforme. Les objets céramiques, non conducteurs de la chaleur, relativement et généralement minces, noyés par un contact intérieur et extérieur dans cette atmosphère uniformément chauffée, s'échauffent à leur tour uniformément. Il en résulte, en même temps qu'un chauffage plus rapide, une grande diminution de la casse, quoique les objets froids soient introduits brusquement dans le four et retirés de même.

M. Garros utilise un four à moufle, du genre de ceux qu'on emploie dans les industries céramiques, avec la particularité spéciale d'une porte mobile à contrepoids, en produit réfractaire, armée de fer sur son pourtour. Cette porte, quoique mobile, est creusée pour livrer passage à la flamme ; avec ce dispositif, tout comme dans les moufles ordinaires, les quatre côtés du moufle sont chauffés. Par des briques à portée, faisant registres, on peut aisément régler le feu sur le devant, les côtés, le fond, pour obtenir l'uniformité de température sur la masse des marchandises.

La boîte-cazette métallique, garnie, est introduite dans le four-moufle par un mécanisme extérieur très simple. Les objets étant, pour ainsi dire, hermétiquement enfermés dans la boîte-cazette, les gaz délétères du foyer ne peuvent en altérer la nature; aussi ce dispositif a-t-il pu être utilisé pour des marchandises les plus délicates, décors genres Sèvres, Chine, etc., et même pour des décors au carmin qui viennent si difficilement sans altération à la cuisson ordinaire, en employant comme combustible non des bois spéciaux, mais simplement des charbons de terre. Du fait même de la rapidité de cuisson, notamment, les émaux en deviennent plus brillants; les biscuits viennent fort bien.

Les travaux de M. Garros montrent donc qu'un assez long temps de cuisson n'est pas indispensable à la genèse d'un dégourdi, d'un biscuit, même d'un émail. Au contraire, un feu rapide, à un degré suffisant de température, favorise la formation de produits plus beaux.

§ 6. — Sciences médicales

La photographie en couleurs par le procédé Lumière appliquée à la Médecine. — Dans une conférence récemment faite devant la Société des Médecins, à Berlin, M. le Dr C. Benda vient d'attirer l'attention sur les nouvelles applications de la photographie en couleurs (procédé Lumière) à différentes branches de la Médecine.

M. Benda a présenté une série de clichés illustrant ses applications possibles à l'enseignement de la Médecine et à la démonstration des documents microscopiques ou d'Anatomie pathologique. Dans le domaine de la micro-photographie, l'auteur a étudié surtout les objets rebelles à la micro-projection directe, dans le cas, notamment, des grossissements considérables, en donnant la préférence aux objets dont la reproduction par la photographie ordinaire est particulièrement imparfaite, en raison soit des colorations doubles, soit des teintes trop délicates. Il a démontré la valeur de la méthode par ses clichés relatifs à la pathologie du sang (leucémie, moelle des os dans l'anémie pernicieuse), aux trypanosomes et aux parasites de la malaria. Même des objets difficiles à reproduire, tels que les spirochètes, se prêtent parfaitement à ce nouveau procédé. Il convient, toutefois, dans le cas des grossissements considérables, de n'employer que des sections extrêmement fines.

Comme exemples typiques d'application à la photo-

Digitized by Google

graphie macroscopique, l'auteur a choisi plusieurs groupes de fleurs et de fruits, des portraits de vivants et de morts et un petit nombre de préparations d'Anatomie pathologique (dont plusieurs cerveaux). Tandis que, dans le cas des sections d'organes, il convient d'éviter les réflexions dues aux surfaces brillantes, ces réflexions (à l'inverse de ce qui se produit dans la photographie ordinaire) sont particulièrement faites pour exalter le relief du cliché.

§ 7. — Géographie et Colonisation

L'abandon de la Guyane française[1]. — La Guyane française n'est guère connue chez nous que comme lieu de déportation et comme un des pays les plus malsains du monde. Mérite-t-elle l'abandon dans laquelle nous la tenons? Telle est la question qu'il nous semble opportun d'examiner, à l'heure où, dans les milieux coloniaux, on s'efforce de la mieux faire connaître.

La Guyane française n'a plus que 13.000 kilomètres carrés depuis qu'un arbitrage de la Suisse a déclaré brésilien l'ancien Contesté. Sa population, très clairsemée, serait d'environ 30.000 habitants, dont 12.500 concentrés dans la ville de Cayenne; mais, si nous en croyons M. Galmot, ce chiffre officiel serait notablement au-dessous de la vérité : la seule population des chercheurs d'or dépasserait le chiffre de 70.000. La Guyane n'est nullement plus malsaine que les Antilles, et généralement les pays tropicaux situés au bord de la mer, à condition, naturellement, que l'Européen prenne les précautions hygiéniques élémentaires, bien connues aujourd'hui. A tel point que les Anglais, s'étant aperçus que l'hiver y est délicieux, ont adopté Demerara comme station de plaisance. Ils y ont construit de grands hôtels aménagés avec les derniers raffinements du confort. Demerara est actuellement une cité de 100.000 habitants, saine et luxueuse. Chemins de fer, tramways, lumière électrique, jardins somptueux, réseau téléphonique, la ville a réalisé tout ce que la fortune d'un budget de 13 millions de recettes annuelles lui permet. La Guyane anglaise a 200 kilomètres de voies ferrées, 700 kilomètres de routes carrossables, 10.000 kilomètres de sentiers tracés par l'administration de la colonie. Elle possède un port où les navires calant 5 mètres viennent à quai; elle dépense 1 million de francs par an pour ses travaux publics. Plus de 100.000 hectares y sont en culture prospère; la colonie exporte ses produits pour 50 millions de francs par an.

A quarante-huit heures de steamer, la Guyane française offre un tout autre aspect. Sur cette terre si fertile, il n'y a pas 50 hectares en culture. Les embarcations à la rame peuvent seules aborder l'appontement de bois chancelant, qui est l'unique quai du port. Point de voies ferrées, pas de routes, pas de marché. Les nouvelles de France n'y parviennent que chaque mois. Une compagnie des câbles reçoit une subvention annuelle de la colonie de 80.000 francs, mais ne transmet les dépêches que quelques semaines par an. Le service des transports côtiers n'existe pas encore. Tandis que 300 usines retiennent en Guyane anglaise une population de 150.000 ouvriers, on aperçoit, dans la banlieue de Cayenne, au-dessus de la brousse, les cheminées des anciennes sucreries que la forêt vierge a reconquises après l'abandon des hommes.

Si l'on veut pénétrer dans l'intérieur, que recouvre l'épaisse forêt tropicale, il n'y a d'autres ressources que de remonter les rivières en canots. Aussi, ne trouve-t-on aucune exploitation agricole; pourtant, la forêt est pleine d'essences précieuses, les savanes du nord-ouest sont propres à l'élevage, et le sol du littoral se prêterait très bien aux cultures. Mais, comme l'a observé très justement M. David Levat, l'or a tué en germe l'agriculture, et il n'y a que les placers qui attirent l'attention. La première tâche qui s'impose, c'est d'organiser l'industrie aurifère, si fortement prépondérante. Malgré l'abondance du métal, on constate, en effet, que la production est stationnaire depuis quatre ans, avec tendance à la baisse, le point culminant de l'exportation de l'or ayant été atteint, en 1903, avec 11.709.414 francs. Et cependant, il n'y a guère que les zones côtières qui aient été explorées jusqu'ici, alors que tout indique que les placers les plus riches se trouvent à l'intérieur, vers la source des rivières ou dans les monts Tumuc-Humac. En 1906, un nouveau règlement minier a été mis en vigueur; il faut le compléter en favorisant la pénétration sous deux formes : la répression du maraudage, qui est, dans toutes les régions aurifères, la plaie des placers, et l'établissement des voies de communication. Il conviendra, en outre, de créer un service administratif des mines, qui est indispensable dans un pays minier aussi riche. Les procédés techniques devront être améliorés. Des essais d'exploitation mécanique ont été faits. Depuis plus de douze ans, le dragage donne des rendements brillants en Nouvelle-Zélande et en Californie. Ce mode d'exploitation est déjà répandu en Guyane anglaise, où les alluvions jusqu'ici traitées sont relativement pauvres. Or, tandis que, dans les deux premières régions aurifères, les dragues lavent des terres payant 0 fr. 80 en moyenne au mètre cube, il est aujourd'hui définitivement établi que les marécages guyanais essayés au dragage payent de 3 à 8 francs.

Une Mission militaire du Génie étudie présentement un projet de chemin de fer, qui partirait de Cayenne ou des environs vers le saut Bief, à peu près au centre de la colonie, pour bifurquer, à l'ouest, vers l'Inini, ou peut-être plus loin, du côté de l'ancien Contesté. Ce chemin de fer est d'autant plus nécessaire que la Guyane hollandaise, notre voisine à l'ouest, a entrepris la construction d'une voie ferrée dont le terminus se trouvera dans le voisinage de quelques-uns de nos gisements aurifères. En partant de Cayenne, il faut deux ou trois semaines d'un voyage pénible et coûteux à travers la forêt pour y accéder. En prenant le chemin de fer à Paramaribo, on y arrivera en trois ou quatre jours. Dès que celui-ci sera ouvert, on peut donc prévoir qu'une grande partie de l'intérieur de la Guyane française n'emploiera plus d'autre route. En attendant que le chemin de fer soit concédé, il y aurait lieu d'aménager sommairement le port de Cayenne par la construction d'un wharf, et d'améliorer par quelques dragages une rade restée jusqu'ici à l'état de nature. Il en est de même de la « route coloniale », qui est supposée desservir les savanes du littoral nord-ouest, mais qui manque de ponts et aurait besoin d'être vraiment mise en état de viabilité.

La Guyane française fut à l'origine une colonie de plantations; les possibilités ne lui manquent pas : ses forêts possèdent le précieux arbre à balata; le cacaoyer pourrait être planté dans les parties basses, de même que la canne à sucre. Nous pourrions utiliser les savanes en y pratiquant l'élevage des bovidés et des bêtes de somme. Avec des vivres produits sur place et la présence d'animaux de transport, l'industrie aurifère serait favorisée à son tour, elle verrait ses prix de revient s'abaisser. On pourrait, enfin, lui procurer la main-d'œuvre indispensable en faisant appel à la population surabondante de nos Antilles, qui justement, à cette heure, traversent une crise que l'on pourrait atténuer par un exode, si profitable à la Guyane.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] H. Lorin : Une colonie méconnue: la Guyane française. *Revue politique et parlementaire*, 10 octobre 1907. — Jean Galmot : La résurrection de la Guyane. Lettre au *Temps*, 5 juin 1907.

Digitized by Google

LE VOLUME DU KILOGRAMME D'EAU[1]

Si spéciale qu'elle puisse paraître, la question que je vais sommairement exposer n'en a pas moins, pour toute mesure de volume, dans la science, l'industrie et le commerce, une importance capitale. On peut dire que, transcrite dans un système quelconque de mesures, la relation équivalente constitue, avec le mode de division adopté pour les unités, l'élément essentiel de son organisation. Cela est si vrai que les Systèmes de Poids et Mesures dans lesquels a été méconnue la nécessité d'une relation simple entre l'expression du volume et celle de la masse d'une quantité donnée d'eau sont aujourd'hui surannés, et que le seul système dans lequel la simplicité de cette relation est fondamentale tend de plus en plus à réaliser, à lui seul, l'unification mondiale des mesures.

Pour comprendre comment il peut en être ainsi, il est nécessaire de se rendre compte d'un inévitable dualisme entre les conditions théoriques de la définition d'un volume et les conditions pratiques de sa détermination. C'est ce dualisme qui a fait naître le problème traité dans les pages qui suivent, et dont je vais d'abord préciser la nature.

I

Un volume donné peut être évalué par deux procédés totalement différents.

Le premier n'est autre que la réalisation pratique des relations nécessaires entre les longueurs et les volumes; on peut l'appeler le procédé *géométrique*; il est théoriquement irréprochable, et son application conduit, dans un grand nombre de cas, par la voie la plus directe, au résultat cherché. Veut-on, par exemple, connaître le volume d'une pierre de taille, le cube d'un déblai ou d'un remblai, d'une maçonnerie, d'un bois de charpente, on ne cherchera pas d'autre méthode.

Mais il est des cas nombreux de la pratique où ce procédé géométrique est inapplicable. Si l'on se propose de connaître la contenance d'une bouteille, la section d'un tube ou le volume d'un caillou, on ne parviendra pas, quels que soient les soins apportés par l'opérateur à ces déterminations, à posséder un nombre suffisant de dimensions linéaires, connues avec précision dans leur valeur et leur position, pour pouvoir effectuer le calcul du volume, même avec un approximation grossière.

On a recours alors à un autre procédé, utilisant la propriété des liquides de se mouler sur les solides, et de les scruter, pour ainsi dire, en tous les points de leur surface. On opère par un jaugeage ou par une pesée hydrostatique, et, au lieu de s'embarrasser d'une fonction compliquée et mal connue, on effectue directement et avec précision une intégration physique.

L'application de ce procédé entraîne une opération mentale différente de la précédente, et exige une nouvelle définition de la valeur numérique du volume. Ce dernier est atteint, en effet, par un détour, consistant à adopter d'abord une unité de masse spécifique représentée par celle d'un liquide convenablement choisi, puis à définir l'unité servant dans les jaugeages comme étant le volume de l'unité de masse de ce liquide.

Toutes les métrologies anciennes ont défini, pour les jaugeages, les volumes uniquement en se fondant sur le procédé physique. Tour à tour l'eau, l'huile ou le mercure ont été choisis comme corps types, dont la masse spécifique, arbitrairement représentée par l'unité, servait de mesure directe des volumes. Mais les métrologies modernes ont imposé aux unités de nouvelles conditions. Depuis longtemps, en effet, il est devenu nécessaire de connaître le rapport des unités de volumes fondées sur les deux définitions, et c'est ainsi qu'est né le problème expérimental consistant à déterminer la masse de l'unité de volume d'eau ou le volume de l'unité de masse d'eau.

Les résultats trouvés peuvent ensuite être utilisés de trois façons distinctes. La plus rudimentaire consiste à ne rien modifier aux unités existantes, et à conserver le rapport tel que le donne l'expérience. Ce rapport est alors nécessairement exprimé par un nombre compliqué, puisque les unités sont sans aucune relation entre elles. La complication du nombre admis ne dépendra que de la précision des mesures, et l'on conservera, dans les équivalents, autant de chiffres que celles-ci en fourniront de certains.

Un deuxième procédé cherchera une simplification dans une petite modification des unités, qui, sans changer les habitudes du commerce, supprimera toutes les décimales supérieures du rapport.

Le troisième, enfin, abandonnera les anciennes unités, et simplifiera le rapport autant que possible.

Il semble que le développement des systèmes de poids et mesures devait faire apparaître, dans le cours du temps, ces trois étapes successives. C'est bien, en effet, dans cet ordre que les systèmes de

[1] D'après un Rapport présenté à la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en octobre 1907. Voir la *Revue* des 30 octobre 1907 et 16 janvier 1908.

Digitized by Google

mesures ont en général progressé. Mais la survivance des anciennes unités a produit aussi des inversions, et met en présence, aujourd'hui encore, des systèmes édifiés sur ces trois plans distincts.

II

Le problème qui nous occupe apparaît pour la première fois dans la métrologie du Danemark, où nous voyons l'illustre Rœmer établir, en 1698, la livre par la condition qu'elle devait être égale à $\frac{1}{62}$ de la masse du pied cube d'eau; et cette même condition servit, en 1824, à Hansteen à construire la livre norvégienne.

La définition *a priori* de l'unité de masse constitue l'un des éléments les plus importants du Système métrique, qui réalise ainsi le degré le plus élevé de perfection que l'on puisse atteindre. Par la constitution même du Système, les évaluations effectuées par les deux méthodes conduisent aux mêmes nombres; le litre est à la fois une unité géométrique (décimètre cube) et une unité physique (volume du kilogramme d'eau). Telle est, du moins, la relation que, conformément aux instructions données par la *Commission des Poids et Mesures*, Lavoisier et Haüy, puis Lefèvre-Gineau et Fabbroni se proposèrent de matérialiser par la construction du Kilogramme des Archives de France.

Mais, si les autres systèmes conservèrent les anciennes unités, indépendantes les unes des autres, le progrès des transactions exigea, du moins, que leurs rapports fussent établis par l'expérience. Déjà en 1798, Shuckburgh avait déterminé la masse, en grains du Système britannique, du pouce cube d'eau; et Kater, mesurant à nouveau, en 1821, les corps dont Shuckburgh s'était servi, donna une autre valeur de cette masse. Beaucoup plus tard, Chaney reprit la même question, et exécuta des expériences qui fournirent, en 1893, une troisième valeur, devenue légale après correction de Mendeleef, du nombre des grains contenus dans le pouce cube d'eau. Svanberg, Berzélius, Akerman et Cronstrand en 1821, Stampfer en 1831, Kupffer en 1842, donnèrent des relations analogues, respectivement pour les mesures suédoises, autrichiennes et russes.

Les nombres obtenus dans leurs unités primitives par les métrologistes dont je viens de citer les noms ne représentent rien à notre esprit. Mais il est instructif de les transformer en unités métriques et de calculer la valeur, rapportée au Kilogramme, de la masse qu'ils conduisent à attribuer au décimètre cube d'eau à 4° et sous la pression normale. Ce calcul a été fait à plusieurs reprises, et a conduit à des nombres un peu différents, suivant les rapports admis entre les unités des divers systèmes et les unités métriques, suivant le mode de calcul adopté pour les éléments des expériences, et enfin suivant les tables utilisées pour les variations de densité de l'eau en fonction de sa température.

Je me bornerai à reproduire ici deux séries de nombres. La première est extraite d'une lettre adressée par W.-H. Miller à H. Tresca le 14 août 1870[1]; elle est particulièrement importante parce que ce sont ces nombres en présence desquels se trouva, en 1872, la Commission du Mètre, lorsque, chargée de jeter les bases du Système métrique international en partant des unités définies par des étalons des Archives de France, elle eut à prendre une décision sur le maintien ou le changement de la future unité de masse. La seconde série est celle des résultats auxquels je suis arrivé après un examen nouveau de tous les éléments connus des expériences anciennes, en tenant compte des discussions auxquelles elles avaient été soumises par plusieurs métrologistes :

AUTEURS	MASSE DU DÉCIMÈTRE CUBE D'EAU d'après Miller (1870)	Guillaume (1907)
	kg	kg
Lefèvre-Gineau et Fabbroni .		0,999.970
Shuckburgh et Kater		1,000.475
Svanberg, Berzélius, Akerman et Cronstrand	1,000.296	1,000.290
Stampfer	0,999.653	0,999.750
Kupffer	1,000.011	0,999.931
Chaney		0,999.850

Miller ne fait pas entrer en ligne de compte les observations de Shuckburgh et Kater, estimant qu'elles n'ont pas été faites avec la recherche de précision exigée des travaux plus modernes. Prenant la moyenne des trois résultats qu'il conserve, il arrive à $0^{dm^3},999.987$; il estime, de plus, les opérations de Lefèvre-Gineau très bien faites, bien que, suivant le récit de l'astronome danois Bugge, que cite Miller, « les observateurs aient été soumis aux plus grandes privations, dans le cœur d'un hiver très rigoureux ». Miller ne voit donc, à la suite de sa discussion, aucune raison pour modifier le Kilogramme, qu'il considère comme ayant été établi avec beaucoup d'exactitude.

Toutefois, au sein de la Commission internationale du Mètre, réunie le 25 septembre 1872, des divergences de vues se firent jour. Plusieurs des membres de cette Commission estimaient nécessaire une nouvelle recherche, avant que l'on pût fixer définitivement la valeur du Kilogramme. L'opinion contraire prévalut. Voici en quels termes le procès-verbal de cette importante séance, rédigé par Hirsch et Tresca, rapporte les arguments présentés par le vénéré Président du Comité interna-

[1] Commission internationale du Mètre, Session de 1870. *Procès-Verbaux*, p. 46.

Digitized by Google

tional des Poids et Mesures en faveur d'une décision immédiate :

« M. Fœrster estime que ce qu'il faut surtout éviter dans cette question, ce sont les délais; il est, selon lui, nécessaire de ne laisser planer aucune incertitude à cet égard. Que fera-t-on jusqu'à ce que cette incertitude soit résolue, et sur quelle base les nombreux intéressés dans cette question procéderont-ils pendant cet intervalle?

« Quelles que soient, d'ailleurs, les recherches nouvelles, dont il reconnaît et recommande toute l'importance, les sciences exactes exigeront toujours l'emploi d'une équation dont la parfaite exactitude ne sera obtenue, sans aucun doute, que par la mise en œuvre des moyens de précision les plus accomplis[1] ».

Chisholm, Wrede, Broch, Morin, Bosscha, Torrès el Caïceda, Govi se prononcèrent dans le même sens; et finalement, la proposition formulée dans les termes suivants par Mathieu[2] : « Le Kilogramme international doit être déduit directement du Kilogramme des Archives dans l'état où il se trouve[3] », fut votée à une forte majorité. On y ajouta ultérieurement la décision suivante, qui porte, dans l'ensemble des résolutions de la Commission, le numéro XXVII :

« La détermination du poids du décimètre cube d'eau doit être faite par les soins de la Commission internationale. »

Ces décisions mirent fin à la crainte d'une situation que M. Fœrster caractérisait déjà dans les termes suivants :

« Que feraient pendant ce délai les nations qui ont décidé en principe l'adoption du Système métrique? Que pourraient faire les savants dans leurs recherches pendant cet interrègne où l'ancien Kilogramme n'existerait plus et où le nouveau n'existerait pas encore? »

L'interrègne dont parlait M. Fœrster eût été long, en effet, puisque c'est aujourd'hui seulement que le Bureau international peut apporter une réponse précise à la question posée il y a trente-cinq ans.

Cette durée peut paraître considérable pour une recherche expérimentale même très difficile. Mais n'oublions pas que le Bureau international avait, dans son programme, bien d'autres tâches à accomplir. Il eut à créer tout son outillage et à satisfaire aux désirs les plus immédiats des Gouvernements, qui réclamaient tout d'abord les étalons fondamentaux permettant de réaliser l'unification mondiale du Système métrique. Puis, abordant le problème dont je voudrais exposer maintenant les détails, il fallut éliminer progressivement les procédés peu dignes de confiance, par des expériences longues et minutieuses; créer des méthodes nouvelles et les mettre en œuvre; parfaire l'éducation expérimentale des métrologistes auxquels ce travail a été dévolu; enfin saisir le moment où le programme des travaux du Bureau leur permit, pendant un temps, de s'y consacrer presque tout entiers.

III

Mais il est temps de caractériser l'utilité de cette recherche. Elle n'est plus, comme au temps de Lefèvre-Gineau, ou à l'époque des réunions de la Commission internationale, dans la création ou la modification de l'unité de masse. Le Mètre et le Kilogramme doivent rester tels qu'ils sont, même si leur rapport ne correspond pas *rigoureusement* à leur définition théorique. Il s'agit seulement de déterminer un nombre servant à passer, avec le plus haut degré de précision possible, des unités géométriques aux unités physiques et inversement.

On peut se demander alors en quoi le Système métrique diffère de tous les autres qu'il prétend remplacer par la simplicité de ses relations. La réponse est simple : toutes les applications des mesures de volume dont le degré de précision est inférieur à celui de l'écart entre l'unité et le nombre cherché pourront admettre l'égalité; et ces applications constituent l'immense majorité des mesures. C'est seulement pour un petit nombre de déterminations, l'élite, pourrait-on dire, des mesures de précision, que les opérations de jaugeage devront subir une correction pour être exprimées en unités géométriques.

Telle est la raison d'être principale de ce travail. Mais il en est une autre, sur laquelle il me semble qu'on n'a pas assez insisté jusqu'ici. Je veux parler de la mesure des pressions.

On peut exprimer les pressions en fonction d'unités arbitraires, définies par les hauteurs des colonnes liquides qui leur font équilibre. Or, si l'on veut pouvoir rattacher leur mesure aux unités fondamentales de la Physique, il est nécessaire de connaître, outre la hauteur h de la colonne liquide, deux autres éléments définis : la masse spécifique m_s du liquide et l'accélération de la pesanteur g. La valeur absolue de la pression est le produit hgm_s de ces trois quantités. Dans le Système métrique, la masse spécifique est exprimée par la masse en kilogrammes du décimètre cube du liquide employé,

[1] Commission internationale du Mètre, Réunions générales de 1872. *Procès-Verbaux*, p. 16.

[2] *Ibid.*, p. 22.

[3] Cette décision a été portée, dans la liste définitive, sous la forme :

« XXII... Le Kilogramme international sera déduit du Kilogramme des Archives dans son état actuel. »

Digitized by Google

et elle se ramène, en dernière analyse, à la masse du décimètre cube d'eau.

La recherche elle-même se compose nécessairement de deux groupes entièrement distincts d'opérations. Les unes sont relatives à la mesure des dimensions géométriques d'un corps de forme aussi régulière que possible. Les autres consistent en des pesées hydrostatiques qui, combinées avec des pesées dans l'air, réduites au vide par le calcul, donnent la masse de l'eau déplacée par le corps immergé. Le quotient de la masse de l'eau, évaluée en kilogramme, par le volume du corps, exprimé en décimètres cubes, fournit la masse du décimètre cube d'eau; le quotient inverse donne le volume du Kilogramme d'eau.

pendu à un fil de platine platiné, supprimant les erreurs capillaires; enfin, la disposition même des salles du Bureau international et les conditions de préparation des expériences nous ont permis d'assurer à l'eau une température bien constante et uniforme. Les pesées dans l'air, au même degré de précision, ne présentent pas de difficultés et exigent seulement le maniement parfait des balances.

Pour les mesures des dimensions, une description aussi sommaire est insuffisante. J'entrerai donc dans le cœur du sujet en exposant le détail des travaux effectués au Bureau ou avec sa coopération.

Il y a près de vingt ans, l'éminent physicien Macé de Lépinay imagina une méthode nouvelle de mesure des épaisseurs, fondée sur l'emploi des délicats

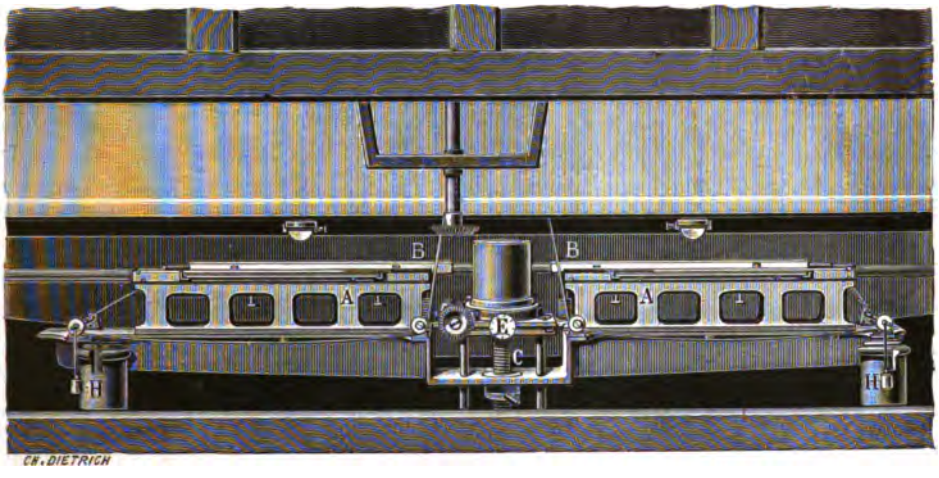


Fig. 1. — *Appareil pour la mesure des dimensions d'un corps.* — A,A, glissières portant les palpeurs B,B; C, vis supportant la plate-forme sur laquelle repose le corps à mesurer; E, vis pour le mouvement antéro-postérieur de la plate-forme.

IV

Les deux éléments de la mesure qui nous occupe nécessitent des soins minutieux et sont, au point de vue expérimental, d'une égale difficulté. Mais ils diffèrent en un point important : tandis que les balances permettent depuis longtemps d'atteindre une très haute précision et ne peuvent plus subir que des perfectionnements de détail, les principes mêmes de la mesure des dimensions linéaires d'un corps ont pu enregistrer, dans ces dernières décades, de très grands progrès.

C'est dans ce deuxième ordre de mesures qu'il était nécessaire de multiplier les contrôles et de varier les procédés. J'y viendrai dans un instant. Il me suffira de dire que, pour les pesées, les mêmes précautions ont été prises dans toutes les recherches : l'eau a été distillée dans un appareil à réfrigérant de platine; avant les pesées hydrostatiques, elle a été exposée toujours pendant quelques heures à une très basse pression, de manière à en dégager l'air dissous; le corps immergé a été sus-

phénomènes d'interférence et devenue depuis lors classique parmi les physiciens. Il voulait alors faire servir ses mesures à la détermination des longueurs d'ondes elles-mêmes, en partant de la relation entre les volumes géométriques et physiques, supposée rigoureuse, ou du moins beaucoup mieux connue que les valeurs des longueurs d'ondes. Mais lorsque, grâce aux travaux exécutés au Bureau international par MM. Michelson et Benoît, la mesure des longueurs d'ondes se trouva être en forte avance sur la question du décimètre cube d'eau, c'est l'étude de cette dernière qu'il résolut de poursuivre et qu'il aborda finalement en plusieurs travaux successifs, après de nombreux perfectionnements de sa méthode. Les mesures furent exécutées avec la coopération de M. Buisson; mais, entre temps, une mesure nouvelle, exécutée en collaboration avec MM. Pérot et Fabry, avait permis à Macé de Lépinay de rectifier ses premiers résultats.

Étudiant de près les méthodes de M. Michelson, M. Chappuis, alors au Bureau international, vit qu'elles pouvaient être appliquées à la mesure pré-

Digitized by Google

cise des volumes et exécuta un deuxième travail.

Je débutai à la même époque, voilà un peu plus de douze ans, en employant la méthode bien connue de mesure par des contacts mécaniques, que je cherchai à perfectionner de mon mieux. C'est par l'exposé de ce travail que je commencerai, parce qu'on peut le considérer comme une suite de recherches antérieures.

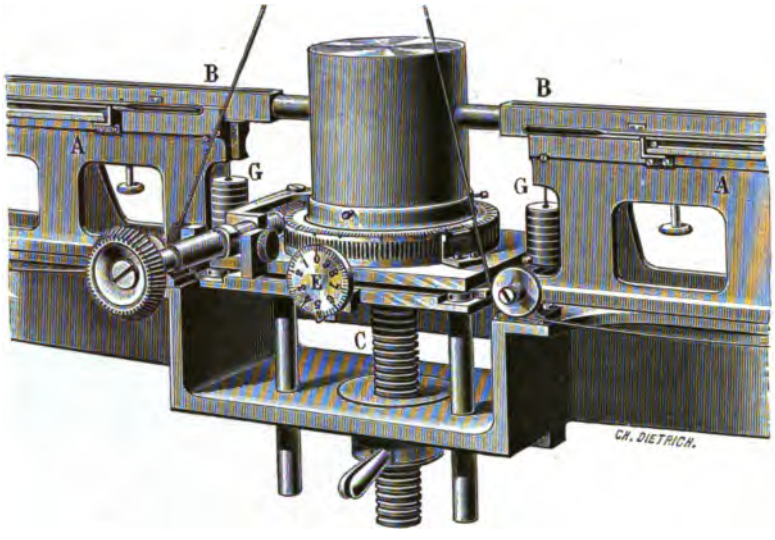


Fig. 2. — *Mesure du diamètre d'un cylindre.* — Voir la légende de la figure 1. En outre, G,G, poids entraînant les palpeurs et assurant le contact.

V

Dans la méthode des contacts mécaniques, le corps à mesurer est pris entre deux barres de métal BB (fig. 1, 2 et 3), dont les extrémités sont arrondies, et qui portent chacune un trait de repère; on mesure, à l'aide des microscopes d'un comparateur, la distance de ces deux traits, que l'on reporte immédiatement sur une échelle divisée. Dans une deuxième opération, on applique les barres de métal l'une contre l'autre, et l'on détermine de nouveau la distance des traits de repère. Retranchant cette distance de la première, on obtient l'épaisseur du corps entre les points de contact.

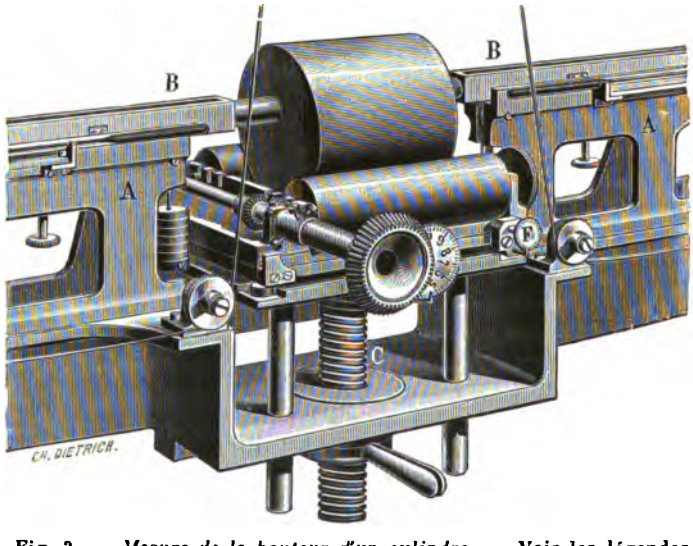


Fig. 3. — *Mesure de la hauteur d'un cylindre.* — Voir les légendes précédentes. F, vis micrométrique pour la rotation de la plateforme autour d'un axe vertical.

L'emploi de cette méthode nécessite des réglages très minutieux. Les pièces de contact doivent être portées dans deux glissières AA exactement alignées l'une sur l'autre, mais laissant entre elles un espace libre dans lequel vient se placer le corps à mesurer.

Le corps, de forme géométrique simple, le plus facile à établir, pour l'emploi de la méthode, est le cylindre. On mesure ses hauteurs en le couchant entre les pièces de conctat, et ses diamètres en le plaçant verticalement sur son support. Dans la première position, son axe doit être parallèle à la ligne des points de contact; dans la seconde, ceux-ci doivent être situés aux extrémités d'un diamètre, et non sur une corde. Tout écart de ces conditions, qui ne peuvent jamais être mathématiquement remplies, entraîne des erreurs dans les résultats. Et toute la difficulté d'application de la méthode réside dans l'étude des conditions dans lesquelles les erreurs des réglages auront la plus faible influence, puis dans leur réalisation la plus parfaite possible.

J'ai passé plusieurs années à combiner et à expérimenter tous les détails de la méthode, et à l'appliquer à une première série de cylindres; pour chacun d'eux, je suis arrivé ainsi à un résultat individuel; mais les discordances de ces résultats montrèrent que les erreurs n'avaient pas été suffisamment éliminées. Le Comité international décida, en conséquence, que ce travail devait être repris; j'en connaissais alors suffisamment tous les éléments pour être certain de le répéter dans des conditions beaucoup plus parfaites.

Pour ce deuxième travail, je disposai de trois cylindres de bronze, qui avaient été tournés dans l'atelier de précision de la Section technique de l'Artillerie, et achevés par M. Jobin; leurs diamètres étaient respectivement de 140, 120, 100 millimètres,

Digitized by Google

leurs hauteurs de 130, 115 et 100 millimètres. La mesure d'un très grand nombre de leurs diamètres et de leurs hauteurs permit d'en faire une sorte de topographie très serrée, qui révéla des formes extrêmement voisines de celle de cylindres mathématiques, mais dont chaque petite irrégularité exigea que son effet fût calculé.

Afin d'éliminer les erreurs qui auraient pu provenir d'un défaut de connaissance de leur dilatation, mesurée cependant sur des barres extraites des mêmes coulées de bronze, je m'astreignis à faire, à des températures très peu différentes, les mesures des dimensions et les déterminations de la poussée de l'eau. Et, comme la plus grande précision est obtenue, dans cette dernière mesure, au voisinage de la température où elle atteint son maximum, j'opérai, au cours de plusieurs hivers successifs, dans une salle dans laquelle la température n'était relevée artificiellement que lorsqu'elle descendait au-dessous de 7°.

VI

Mes mesures avaient été rapportées au Mètre international à l'aide d'une règle divisée. M. Chappuis prit, comme intermédiaire, l'échelle idéale constituée par les ondes lumineuses. La méthode qu'il imagina permet de mesurer des cubes transparents. Ses cubes étaient en crown, taillés et polis avec une perfection extraordinaire par M. Jobin.

Pour la mesure, le cube est placé (fig. 4) en avant

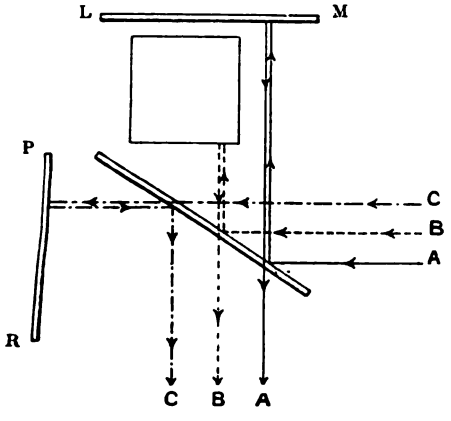


Fig. 4. — *Parcours des rayons lumineux dans la mesure des dimensions d'un cube par le procédé de M. Chappuis.*

d'un miroir L M très parfait. Un train d'ondes lumineuses, parti de la source, se réfléchit sur un miroir semi-transparent incliné et tombe, dans deux opérations successives, tantôt sur le miroir L M et tantôt sur le cube (faisceaux A et B), tandis qu'un autre faisceau (C), atteignant directement un deuxième miroir P R, s'y réfléchit et vient interférer séparément avec chacun des deux autres, permettant ainsi de déterminer la différence de chemin optique des faisceaux réfléchis sur le cube et sur le miroir placé derrière lui. Le nombre entier de demi-longueurs d'ondes pour chaque trajet est déterminé par le procédé des excédents fractionnaires, dans l'emploi de trois radiations distinctes.

Mais cette opération ne constitue qu'un des éléments de la mesure. Il faut encore déterminer la distance au miroir de la face arrière du cube. Dans ce but, on envoie un faisceau de lumière à travers le cube et l'on établit, entre les deux surfaces dont on veut déterminer l'écartement, des anneaux de Newton, dont le grand physicien Fizeau a déjà tiré un si merveilleux parti dans la mesure des dilatations. La figure 5 représente l'aspect du phénomène que l'on observe.

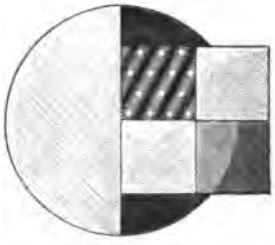


Fig. 5. — *Aspect des franges de Fizeau dans la mesure de la distance du cube au miroir postérieur.*

Il reste encore une mesure à faire. Pour la première opération, on avait été obligé d'argenter les parties du cube sur lesquelles elle portait, savoir deux carrés placés en diagonale, tandis que la deuxième opération était effectuée sur les deux autres carrés, laissés transparents. Il faut donc mesurer l'épaisseur de la couche d'argent, ce que l'on fait également à l'aide d'un procédé de franges d'interférence.

M. Chappuis a opéré sur quatre cubes, dont deux avaient des arêtes voisines de 50 millimètres, un de 60 et un de 40 millimètres. Sur l'un des cubes de 50 millimètres, il a été fait deux déterminations complètes et indépendantes. Puis, ce cube ayant subi un accident, il fut retouché et donna lieu à une troisième détermination.

VII

MM. Macé de Lépinay, Benoît et Buisson ont opéré sur des cubes de quartz, également taillés par M. Jobin, et dont la perfection n'est pas moindre que celle des cubes de crown de M. Chappuis.

La méthode ne fait intervenir aucune surface auxiliaire. Un faisceau de lumière traverse à la fois le cube et l'air dans son voisinage immédiat. Les deux parties P, Q (fig. 6) du faisceau interfèrent, marquant, par l'aspect du phénomène, leur différence de marche optique. Mais cette différence de marche E ($n - \nu$) est due entièrement au fait que la lumière se propage moins vite dans le quartz d'épaisseur E (indice n) que dans l'air (indice ν). Le problème contient donc deux inconnues E et n,

Digitized by Google

et pour le moment nous n'avons qu'une donnée.

Pour en obtenir une seconde, on fait passer un faisceau (fig. 7) seulement dans le cube, et l'on fait interférer le faisceau réfléchi sur la face avant avec celui qui a frappé la face arrière et est revenu vers le premier. Nous connaissons alors la différence de chemin optique 2E*n* due tout entière à la

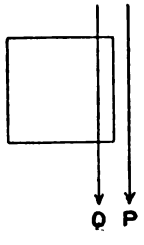


Fig. 6.

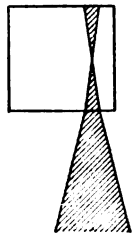


Fig. 7.

Fig. 6. — *Marche des faisceaux de lumière dans la mesure d'un cube par le procédé de M. Macé de Lépinay : première opération* (mesure de E($n-\nu$), franges des lames minces).

Fig. 7. — *Marche du faisceau dans la même mesure : deuxième opération* (mesure de E*n*, franges des lames épaisses).

traversée du quartz. Nous possédons ainsi deux équations à deux inconnues, qui nous donnent la valeur cherchée de l'épaisseur du quartz.

Le pouvoir rotatoire du quartz introduit naturellement, dans l'emploi de la méthode, une petite complication, facilement résolue. Quant à la combinaison des deux méthodes interférentielles, elle ne peut donner séparément l'épaisseur et l'indice que pour des régions voisines des faces latérales du cube mesuré. Des courbes d'égal indice, s'appuyant sur les valeurs à la périphérie, permettent d'atteindre, avec une suffisante probabilité, tous les points à l'intérieur. La deuxième équation expérimentale, combinée avec la valeur de l'indice, fournit alors l'épaisseur cherchée, en tous les points observés.

Les mesures ont été faites sur deux cubes de 50 et 40 millimètres d'arête respectivement.

Chacune des méthodes qui viennent d'être décrites présente des avantages et des inconvénients. Celle que j'ai employée est certainement la moins précise; mais elle permet d'opérer sur des corps de grandes dimensions, ce qui rachète en grande partie son infériorité. Celle de M. Chappuis, beaucoup plus précise, nécessite des surfaces auxiliaires : un miroir supplémentaire et une argenture. Celle de M. Macé de Lépinay est tributaire des petits écarts de l'indice de réfraction dans un même échantillon de quartz.

Mais il est surtout essentiel de remarquer que ces trois méthodes sont absolument différentes entre elles, que les erreurs affectant l'une d'elles n'affectent pas les autres, et devraient apparaître, si elles étaient sensibles, dans des discordances des résultats auxquels elles conduisent.

VIII

Il ne me reste plus maintenant qu'à reproduire les valeurs du volume du Kilogramme d'eau à 4° et sous la pression atmosphérique normale auxquelles ont conduit les trois ordres de recherches. Dans le tableau ci-après, qui les résume, les corps sont rangés, dans chaque groupe, par ordre de grandeur décroissante.

TABLEAU I. — *Valeurs trouvées pour le volume du Kilogramme d'eau.*

OBSERVATEURS	MÉTHODES	CORPS MESURÉS		VOLUME du kilogramme d'eau en décimètre cube	
Guillaume.	Contacts.	Cylindre de bronze.	n° 1 . . . n° 2 . . . n° 3 . . .	1,000.025.1 1,000.034.5 1,000.032.8	1,000.029
Chappuis.	Méthode interférentielle par réflexion.	Cube de crown.	n° 1 . . . n° 2 . . . n° 3 . . . n° 4 . . .	1,000.030.0 1,000.076.7 1,000.021.4 1,000.026.6 1,000.027.9	1,000.027
Macé de Lépinay. Benoît. Buisson.	Méthode interférentielle par transmission.	Cube de quartz.	n° 1 . . . n° 2 . . .	1,000.028.0 1,000.025.9	1,000.028

Considérons les moyennes, qui sont calculées en tenant compte de la perfection attribuée à chacun des résultats partiels, et en arrondissant au chiffre du millionième, puisque le suivant est tout à fait incertain [1].

[1] Le résultat moyen des mesures de M. Chappuis est compris entre 1,000.026 et 1,000.027, quels que soient, entre les limites admissibles, les poids donnés à chacun des résultats individuels; M. Chappuis a admis le premier de ces nombres, tandis que le second m'a paru plus probable. Le

Digitized by Google

Nous voyons que les trois nombres obtenus se suivent de millionième en millionième, concordance tout à fait remarquable, mais qui pourrait être encore un peu resserrée si l'on utilisait des éléments de réduction d'une probabilité tout aussi grande. Ce sont là des détails dont la discussion doit être laissée aux Mémoires complets.

Considérons encore le volume du Kilogramme d'eau en lui-même, et indépendamment de la concordance des trois déterminations individuelles. Nous voyons qu'il diffère de moins de $\frac{3}{100.000}$ de l'unité, à laquelle il devrait être égal. Cet écart est trop petit pour être nettement perçu par notre esprit. Je vais donc l'interpréter dans le sens des expériences qui ont servi à le déterminer.

Supposons que la masse du décimètre cube d'eau ait été établie par la réalisation d'un cube de 1 décimètre de côté. Il suffirait, dans cette construction, d'avoir majoré les arêtes du cube de *un micron*, pour obtenir un volume légèrement supérieur à celui du Kilogramme d'eau.

Voici une autre indication prise dans un domaine différent : les mesures faites par les méthodes interférentielles ont été ramenées au Mètre, ainsi qu'il a été dit, à l'aide des valeurs des longueurs d'ondes, déterminées au Bureau international par MM. Michelson et Benoît, et auxquelles les valeurs établies récemment par MM. Benoît, Fabry et Pérot sont pratiquement identiques. Or, si l'on n'avait eu, pour faire cette réduction, que les nombres de Rowland, issus d'un travail considéré comme un modèle, ce n'est pas 1,000.028 que l'on aurait trouvé, mais bien 1,000.130 environ. La discordance des valeurs individuelles aurait été cinquante fois plus forte, et le volume du Kilogramme d'eau aurait semblé nécessiter une correction plus de quatre fois plus forte que son erreur réelle.

Cette dernière indication nous montre clairement le grand intérêt qu'il y avait à faire précéder la détermination qui nous occupe de toute une série d'autres travaux sur lesquels elle pût s'appuyer, afin de ne procéder qu'à coup sûr.

La petitesse de la correction justifie pleinement, au surplus, la conservation du Kilogramme. Aujourd'hui, nous pourrions le rapprocher un peu de sa définition; mais il n'est aucune application commerciale ou industrielle de la détermination des volumes par les pesées qui s'en trouverait affectée d'une quantité dont il faille tenir compte.

Cette grande perfection technique du Système métrique est une de ses forces; elle constitue, avec la numération décimale, sa supériorité sur les autres systèmes. Nous devons l'ensemble de son organisation à la Commission de l'Académie instituée en 1790; mais la perfection de la construction du Kilogramme est l'œuvre de Lefèvre-Gineau et Fabbroni. C'est pourquoi, lorsque, après un siècle de travaux métrologiques, la correction nécessitée par leurs résultats vient d'être établie pour une période qui sera longue, il est juste d'adresser à leur mémoire le tribut de notre reconnaissance et de notre admiration.

Ch.-E. Guillaume,

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

LES VOIES FERRÉES DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE DES DIVERSES LIGNES[1]

I. — Chemin de fer de Dakar a Saint-Louis.

Nous avons exposé précédemment les considérations diverses qui avaient motivé l'établissement de la ligne en question. A la suite d'une adjudication faite le 30 octobre 1880, la Société des Batignolles obtint la concession de ladite ligne, au prix forfaitaire de premier établissement de 68.000 fr. par kilomètre et moyennant une garantie correspondante de 3.400 francs. Les adjudicataires, ne prévoyant qu'un très faible trafic, avaient recherché les conditions d'établissement les plus économiques, se réservant d'exécuter des travaux de parachèvement dans le cas où le développement du trafic dépasserait les prévisions. Quelque improbable que put paraître ce résultat au moment de la réception de la ligne (18 janvier 1885), il fut cependant très promptement atteint par suite de la rapide pacification du Cayor (conséquence, d'ailleurs, directe de l'ouverture du chemin de fer) et de l'essor considérable que prit la culture de l'arachide le long du rail. Successivement, la Compagnie dut reconstruire les stations, ballaster[4] la

nombre définitif ne pourra être fixé qu'après une discussion très approfondie.

[1] Voir la première partie dans la *Revue* du 30 mars 1908, p. 225 et suivantes.

[4] Le ballast est en pierre dure du côté de Dakar, en coquilles marines ou en cailloux ferrugineux sur le restant de la ligne.

Digitized by Google

ligne et substituer aux traverses de pin, prévues par le cahier des charges primitif, des traverses de hêtre créosotées, puis des traverses métalliques.

L'imputation des dépenses résultant des travaux précités a soulevé entre la Compagnie et l'État un long conflit, auquel a mis fin la Convention du 21 novembre 1900. Aux termes de cette Convention, les dépenses forfaitaires d'exploitation sont déterminées par la formule :

$$F = 3.250\ L + \frac{R}{3} + 0{,}05\ T + 0{,}045\ V,$$

dans laquelle L représente la longueur totale en kilomètres (264 kilom. 202), R la recette totale,

Fig. 1. — *Chemin de fer de Dakar à Saint-Louis.*

T et V le nombre de tonnes et de voyageurs kilométriques.

20 °/₀ de l'économie réalisée sur la dépense ci-dessus sont attribués à la Compagnie à titre de prime. Une autre part, variable, sert à compléter le fonds de réserve à 1.500.000 francs; quand des prélèvements ont été effectués sur ce fonds au cours de l'exercice, le reste est reversé dans les caisses de l'État.

Depuis la mise en application de la Convention du 21 novembre, il n'a jamais été fait appel à la garantie d'intérêt, et l'État a bénéficié des reversements ci-après :

1900. . .	4.511f 92 (1)	1904. . .	247.738 05
1901. . .	295.454 78	1905. . .	248.283 27
1902. . .	85.157 70	1906. . .	178.245 26
1903. . .	373.420 45		

La situation financière de la Compagnie apparaît donc comme étant des plus satisfaisantes. Ses actions, émises à 500 francs, étaient cotées 905 fr. à la Bourse de Paris du 7 avril.

La ligne a son origine à Dakar (fig. 1), sur les quais du port de Commerce; partant de là, elle suit la côte jusqu'à Rufisque, puis, continuant à courir vers l'Est jusqu'à Thiès, elle traverse un pays peu accidenté et dont la végétation est caractérisée par de nombreux baobabs.

Après Thiès (91 kilom.), la ligne remonte vers le Nord-Est et suit ainsi une direction parallèle à la côte jusqu'à Louga (193 kilom.), point à partir duquel elle remonte vers Saint-Louis, en décrivant une courbe dont la corde est sensiblement nord-ouest. Dans l'ensemble, les régions traversées par la ligne sont à peine vallonnées et très déboisées et, par conséquent, très peu pittoresques; par contre, leur sol sablonneux convient à merveille à la culture de l'arachide, qui constitue le principal élément du trafic de la ligne.

Les rampes maxima sont de 13 millimètres par mètre, et les courbes ont des rayons supérieurs à 300 mètres. Les conditions d'établissement du tracé sont donc très favorables au point de vue de l'exploitation. Sauf le pont de Leybar, de 120 mètres de portée, il n'existe sur la ligne aucun ouvrage d'art important.

Les gares, de types variés, suivant l'importance du point desservi, sont constituées par un bâtiment entouré d'une large véranda grillagée.

L'alimentation en eau a donné lieu à des difficultés notables, en raison de la mauvaise qualité de l'eau. Dans le Cayor, elle est assurée à l'aide de puits très profonds.

D'une manière générale, le service de l'exploitation est établi conformément à l'article 3 de la Convention du 21 novembre 1900, c'est-à-dire que la Compagnie met quotidiennement en circulation un train de voyageurs dans chaque sens. Des trains express, non prévus par la Convention précitée, sont, en outre, mis en marche de façon à assurer des correspondances rapides entre Dakar et Saint-Louis, et *vice versa*, lors des arrivées et des départs des courriers.

De plus, du 15 novembre au 15 mai (saison de la traite), des trains mixtes dits de section relient Dakar à Tivaouane et Saint-Louis à Louga (avec retour). Enfin, pendant cette même saison, des trains facultatifs de marchandises sont créés de manière à satisfaire les besoins du trafic. En année moyenne, le nombre des trains en question est d'environ dix par jour.

Les tarifs généraux sont les suivants :

Voyageurs. .	1re classe	0 120	par kilomètre.
	2e —	0 080	—
	3e —	0 055	—

[1] Épidémie de fièvre jaune.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Détail des Recettes du chemin de fer de Dakar à Saint-Louis.*

ANNÉES	VOYAGEURS 1re classe	VOYAGEURS 2e classe	VOYAGEURS 3e classe	VOYAGEURS total	BAGAGES	MESSAGERIES	PETITE VITESSE arachides	PETITE VITESSE autres marchandises	PRODUITS divers	TOTAL GÉNÉRAL	RECETTE kilométrique
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1895.	31.514 45	53.710 50	438.303 22	523.528 17	26.740 40	54.912 43	372.288 25	176.195 96	41.880 51	1.195.545 72	4.528 58
1896.	27.088 91	53.927 79	420.515 20	501.531 90	23.697 35	65.046 64	440.341 80	187.336 91	13.863 83	1.231.818 43	4.665 98
1897.	30.046 51	50.211 18	427.371 13	507.628 82	20.855 75	70.133 98	406.471 65	240.316 62	74.695 05	1.320.101 87	5.000 39
1898.	35.996 24	62.195 08	546.972 48	645.163 80	25.958 95	91.686 69	569.431 95	357.954 46	85.295 42	1.775.491 27	6.725 35
1899.	44.777 79	69.093 19	569.489 16	683.360 14	25.444 95	105.571 10	639.463 10	480.012 19	118.581 28	2.052.432 76	7.774 36
1900 (1)	24.165 04	47.134 79	531.245 92	602.545 75	22.040 30	88.634 12	994.138 25	330.865 64	96.163 15	2.134.407 21	8.078 67
1901.	44.626 39	89.295 34	862.936 90	996.858 63	54.339 18	105.802 88	1.065.448 90	882.548 42	83.665 92	3.188.463 91	12.068 25
1902.	56.843 90	99.886 92	826.268 07	982.998 89	46.672 51	88.394 96	543.588 90	780.531 77	92.671 71	2.534.358 74	9.594 87
1903.	69.562 72	93.420 56	829.018 65	992.001 93	55.201 05	83.649 36	807.009 20	689.476 31	76.091 88	2.703.429 73	10.229 00
1904.	69.418 33	81.179 42	727.809 40	878.407 15	45.504 68	76.318 26	732.357 55	575.255 20	165.209 30	2.473.052 14	9.367 62
1905.	77.532 34	80.182 88	659.874 71	659.874 71	45.804 17	71.676 79	604.786 25	688.331 60	77.493 76	2.305.702 50	8.733 72
1906.	» »	» »	» »	789.217 66	» »	» »	» »	» »	» »	2.162.845 24	8.192 60

(1) En 1900, épidémie de fièvre jaune dans le Bas-Sénégal.

Marchandises : 0 fr. 24, 0 fr. 20 et 0 fr. 13 par tonne kilométrique, suivant la nature de la marchandise transportée; le dernier des prix ci-dessus étant applicable au transport du mil et des arachides.

Il nous paraît qu'il y aurait avantage à diminuer sensiblement le tarif de la 3e classe (voyageurs), qui est presque exclusivement employée par les indigènes; le chiffre actuel de 0 fr. 055 est, en effet, notablement plus élevé que le prix similaire appliqué en France (0 fr. 049), alors que la richesse du noir sénégalais est bien moindre que celle du voyageur français de 3e classe. Le pays étant peuplé, il est indubitable qu'un abaissement de tarif aurait pour effet corrélatif une augmentation des recettes nettes opérées de ce chef. Dans ce même ordre d'idées, il y a d'ailleurs lieu de noter qu'au Tonkin

TABLEAU II. — *Recettes, dépenses et coefficient d'exploitation du chemin de fer de Dakar à Saint-Louis.*

ANNÉES	RECETTES totales brutes	DÉPENSES totales	COEFFICIENT d'exploitation
	fr. c.	fr.	
1895	1.195.545 »	1.617.644	1,35
1896	1.231.818 »	1.321.333	1,07
1897	1.320.100 »	1.414.075	1,07
1898	1.775.492 »	1.497.687	0,84
1899	2.052.433 »	1.930.492	0,94
1900	2.131.268 »	1,636.193	0,76
1901	3.180.598 »	2.160.762	0,68
1902	2.518.536 »	1.923.353	0,76
1903	2.702.870 »	1.900.429	0,76
1904	2.473.052 »	1.675.924	0,68
1905	2.305.702 50	»	»
1906 (1). . .	2.162.845 24	»	»

le tarif dont bénéficient les indigènes n'est que de 0 fr. 025 environ par kilomètre. Sur les chemins de fer de la péninsule indienne, il est plus bas encore. L'importance et la nature des recettes, de 1895 à 1905, sont données dans le tableau I ci-contre.

Il résulte de l'examen des chiffres ci-dessus que les recettes du trafic ont plus que doublé dans les dix dernières années. Cette progression sera vraisemblablement encore accélérée par l'ouverture prochaine de la section Thiès-N'Gahaye, qui traverse une région peuplée et des plus propices à la culture de l'arachide.

Le chiffre des dépenses totales ayant, par ailleurs, peu varié, il s'ensuit que le coefficient d'exploitation a diminué rapidement, ainsi que le fait ressortir le tableau II ci-dessus.

La situation générale de la ligne est donc, dans son ensemble, des plus satisfaisantes.

[1] Les recettes pour 1907, très supérieures à celles de 1906, dépassent 3.500.000 francs, et le coefficient d'exploitation serait inférieur à 0,50.

Digitized by Google

II. — La Ligne de Kayes au Niger.

Nous ne reviendrons pas sur l'historique de la ligne, qui a fait l'objet d'un long développement dans la première partie de cet article. Nous nous proposons d'aborder seulement ici, outre la description des pays traversés, la situation actuelle du trafic et ses possibilités de développement.

La voie ferrée part de Kayes (fig. 2), en un point situé près de la berge du Sénégal, que le rail suit sur sa rive gauche, en se tenant en dehors de la zone d'inondation.

Jusqu'à la gare du Galougo (89 kilom.), la direction générale du tracé est N.-O., S.-E.; à partir de cette station, il s'infléchit vers l'Est, jusqu'un peu après le Bafing, qui est traversé à Mahina sur un pont de 400 mètres de longueur. De Kayes à Mahina, la région traversée est assez accidentée et présente même quelques aspects très pittoresques, tels que les tables gréseuses de Diamou.

Après Mahina (116 kilom.), le tracé suit la vallée du Bakoy, en se tenant en général au pied des collines escarpées qui sont sur sa rive gauche et passe à Fangalla, près des chutes de Billy. La rivière est traversée au gué de Toukoto sur un pont métallique de 350 mètres. La gare de Toukoto (239 kilom.), où se trouve un dépôt et un buffet-hôtel, est située un peu au delà du pont. Les trains partant de Kayes ou de Koulikoro y passent la nuit.

En quittant Toukoto, la ligne abandonne la vallée du Bakoy et prend la direction de Kita (309 kilom.). Entre Siguiferi (272 kilom.) et Boulouli (280 kilom.), elle traverse le massif boisé du Manambougou, le long duquel elle s'élève par un tracé sinueux, dont l'exécution a nécessité d'importants travaux de roctage. La station de Kita est située au pied de la montagne du même nom, dont le sommet le plus élevé (640 mètres) la domine d'environ 200 mètres. A partir de Kita, le rail se dirige sur Bamako, par un tracé très tendu, qui se développe à travers le plateau broussailleux, sinon boisé, qui sépare les bassins du Bakoy et du Baoulé. Cette dernière rivière, encaissée entre des berges hautes et escarpées, est franchie sur un pont de 75 mètres à la station du Baoulé (412 kilom.). La ligne de partage des eaux entre le Sénégal et le Niger est ensuite traversée à Dio (459 kilom.). A partir de là, le pays devient très accidenté, jusqu'à la plaine du Niger, qui est atteinte à Bamako (496 kilom.), après la traversée du col de Nere-Koulou, proche du centre militaire de Kati (481 kilom.). La descente de Kati sur Bamako, par la vallée du Farako, est des plus intéressantes, aussi bien au point de vue pittoresque qu'à celui de la végétation, qui a ici l'aspect tropical qu'elle ne revêt au Soudan que dans le voisinage immédiat des cours d'eau.

De Bamako à Koulikoro (553 kilom.), la ligne suit le pied des collines de manière à se tenir en dehors des terrains inondés; le tracé est, par suite, assez accidenté. A Koulikoro et à Bamako, des hôtels-buffets confortables permettent au voyageur de trouver abri, en attendant son départ vers le bas Niger ou les régions de la Boucle et de la Haute-Guinée.

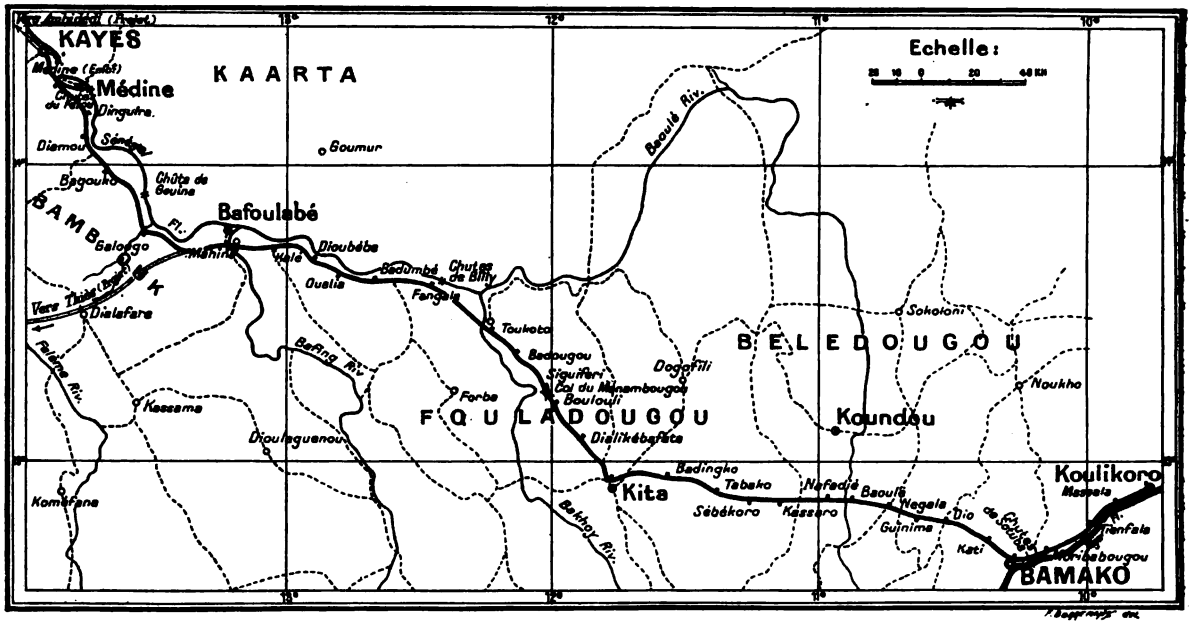


Fig. 2. — *Chemin de fer de Kayes au Niger.*

Digitized by Google

De même que l'ouverture du Dakar-Saint-Louis a eu pour résultat immédiat la mise en valeur du Cayor, la construction du Kayes-Niger a eu pour conséquence l'essor économique du Haut-Sénégal et Niger, et d'ores et déjà on peut affimer qu'à cet égard les espérances des promoteurs de la ligne en question seront largement dépassées. Les contrées traversées par le Kayes-Niger sont, sans doute, relativement pauvres et désertes, mais la ligne unit à la côte l'immense vallée du Niger, dont les possibilités économiques grandissent tous les jours. Parmi celles-ci nous citerons : le riz, qui, dans la région de Mopti, peut être cultivé sur des étendues considérables; le coton, dont la culture fait en ce moment l'objet d'études rationnelles de la part de l'Association coloniale et de l'Association cotonnière.

A ces produits, viennent s'ajouter le beurre extrait du fruit du karité, arbre qui constitue de véritables forêts dans la vallée du Niger, la laine du Macina et le caoutchouc provenant du Haut-Niger et de l'intérieur de la Boucle. A cette énumération, nous ajouterons enfin l'or, dont des prospections récentes, effectuées dans la région de Siguiri, viennent de démontrer l'existence en quantité abondante et dans des conditions qui en rendent l'exploitation industrielle très rémunératrice. Le pays offre donc des ressources certaines; d'autre part, la population se trouvant dans la zone d'attraction de la ligne est d'à peu près 1.800.000 habitants, et, pour faible que soit la production et les besoins de chacun d'eux, il n'en ressort pas moins, dès à présent, la possibilité d'un trafic global important. Ainsi qu'on le verra plus loin, les statistiques de la ligne relatives à 1905 et 1906 confirment pleinement ces déductions.

En ce qui concerne les tarifs, ils sont certes élevés, mais nullement prohibitifs, ainsi qu'en témoigne le développement ininterrompu du trafic. Pour certains produits, dont il y avait lieu de favoriser l'exportation, on a d'ailleurs mis en vigueur des tarifs spéciaux très bas : c'est ainsi que les arachides et le mil ne paient que 26 fr. 25 par tonne de Koulikoro à Kayes. Enfin, il y a lieu de noter que la plupart des tarifs sont largement dégressifs, ainsi qu'en témoignent les tableaux III et IV.

TABLEAU III. — *Tarif des voyageurs sur le Kayes-Niger (par kilomètre).*

DISTANCES	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE	4e CLASSE	ALLER et RETOUR
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
0 à 150 kilomètres. .	0 35	0 20	0 12	0 05	Réduction de 25 °/° sur le double du prix du billet simple.
150 à 350 — . .	0 28	0 16	0 10	0 05	
350 et au delà. . . .	0 20	0 12	0 08	0 05	
Sur la longueur totale de 553 kilomètres (moyenne du kilomètre)	0 273	0 156	0 098	0 05	

Nous croyons d'ailleurs savoir que d'importantes réductions sont à prévoir dès à présent. Le Gouvernement général, duquel relève le chemin de fer depuis le 1er janvier dernier, estime en effet, avec raison, que ce dernier doit constituer, non un instrument de fiscalité, mais un moyen puissant de développement économique du pays; dans ce but, il serait, paraît-il, disposé à opérer des dégrèvements, dans la mesure compatible avec l'obligation d'atteindre un chiffre minima de recettes et avec les intérêts généraux de la colonie. Dans cet ordre d'idées, signalons encore ici l'avantage qu'il y aurait à réduire les tarifs actuels afférents au transport des indigènes (0,05 par voyageur et par kilomètre). Les résultats généraux de l'exploitation sont résumés dans le tableau V.

On notera que les années 1905 et 1906 sont les seules correspondant à l'exploitation de la ligne entière, et qu'en 1906 une épidémie de fièvre

TABLEAU IV. — *Tarif des marchandises (petite vitesse) sur le Kayes-Niger (par tonne kilométrique).*

DISTANCES	1re CATÉGORIE (1)	2e CATÉGORIE (2)	3e CATÉGORIE (3)	TARIF SPÉCIAL n° 2 (montée vers Bamako) (4)	TARIF SPÉCIAL n° 3 (descente) (4)	TARIF SPÉCIAL n° 4 (5)	TARIF SPÉCIAL n° 6 (6)
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
De 0 à 150 kilomètres . . .	1 20	0 80	0 30	0 15	0 075	0 40	0 12
De 150 à 300 — . . .	1 »	0 60	0 20	0 10	0 05	0 30	0 08
De 350 et au delà.	0 80	0 40	0 10	0 05	0 025	0 20	0 04
Prix kilométrique moyen, calculé sur la distance entière, 553 kilomètres. . .	0 98	0 58	0 19	0.095	0 047	0 29	0 076

[1] Ivoire, kolas, armes, étoffes, poudre, etc.
[2] Vin, vivres, boissons, machines, matériaux ouvrés, outillage, caoutchouc.
[3] Arachides, riz, sel, houille, ciment, etc.
[4] Arachide, mil, riz, maïs, karité, coton, matériaux de construction, houille.
[5] Machines pour l'industrie ou l'agriculture.
[6] Bois, fers, aciers pour constructions.

Digitized by Google

jaune a presque complètement suspendu l'exploitation pendant près de deux mois.

Le relèvement du coefficient d'exploitation en 1906 est imputable aux causes suivantes :

1° Arrêt du service pendant deux mois;

2° Substitution d'agents civils aux militaires du génie;

3° Modification de certains tarifs.

En 1905, les recettes se sont partagées ainsi qu'il suit entre les diverses catégories de transporteurs:

Commerce	1.696.334f 44
État	404.650 58
Colonie	511.005 84
	2.611.990 86

Ces chiffres montrent la grande prépondérance des transports commerciaux sur ceux qui ont été effectués pour le compte des services publics.

Koulikoro), c'est-à-dire au transit d'importation, l'autre au trafic de descente, c'est-à-dire au transit d'exportation.

TABLEAU VII. — ***Exportation (tonnes à distance entière) sur le Kayes-Niger.***

ANNÉES	MIL	RIZ	ARACHIDES	BEURRE oct. noix de Karité	CAOUTCHOUC
1903	500	»	165	»	579
1904	239	1	143	1	752
1905	877	562	310	51,5	673
1906	1.518	2.280	1.802	40,2	840

L'examen de ces deux tableaux est particulièrement suggestif, au point de vue qui nous occupe. En particulier, le riz, qui figure pour la première

TABLEAU V. — ***Tableau des recettes et dépenses du Kayes-Niger.***

ANNÉES	LONGUEURS moyennes exploitées	RECETTES TOTALES du trafic	RECETTES par kilomètre	DÉPENSES TOTALES d'exploitation	DÉPENSES par kilomètre	COEFFICIENT d'exploitation
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1897	161 kilom.	261.216 91	1.622 46	435.581 52	2.705 47	1 66
1898	161 —	354.648 94	2.202 78	475.535 03	2.953 63	1 34
1899	179 —	483.067 78	2.698 70	537.612 16	3.003 42	1 11
1900	231 —	465.808 17	2.016 48	578.763 88	2.505 48	1 24
1901	250 —	365.757 86	1.463 03	716.352 99	2.865 41	1 95
1902	298 —	719.138 41	2.413 23	916.172 05	3.074 40	1 27
1903	339 —	1.060.596 42	3.128 60	1.007.329 22	2.971 47	0 95
1904	475 —	1.941.210 91	4.086 76	1.407.588 24	2.963 34	0 72
1905	555 —	2.611.990 86	4.706 28	1.346.257 90	2.425 68	0 52
1906	555 —	2.271.042 40	4.092 07	1.680.209 13	3.027 40	0 74

Ces divers transports se subivisent eux-mêmes ainsi qu'il suit :

	VOYAGEURS-BAGAGES	MARCHANDISES
Commerce	195.790f 64	1.500.543f 80
État	136.023 55	268.627 03
Colonie	102.177 83	408.828 01
Totaux	433.992 02	2.177.998 84

L'influence du chemin de fer sur le développement économique de la colonie sera encore plus

TABLEAU VI. — ***Importation (en tonnes) sur le Kayes-Niger.***

ANNÉES	SEL	TISSUS	MATÉRIAUX	ALIMENTATION	DIVERS
1903	1.400	700	208	1.007	369
1904	3.050	1.048	584	1.200	348
1905	3.630	1.218	2.241	1.307	359
1906	3.400	1.071	3.037	1.367	1.624

nettement mise en évidence par les deux tableaux VI et VII, relatifs l'un au trafic de montée (Kayes-

fois dans les statistiques d'exportation en 1904, pour 1 tonne, accusait un chiffre global de 2.280 tonnes en 1906.

L'essor si remarquable du trafic ne fera d'ailleurs que croître rapidement par suite de l'ouverture d'un service de navigation à vapeur sur le Niger entre Koulikoro et Tombouctou, et de l'établissement d'un trafic direct entre Kayes et les diverses escales du grand fleuve soudanais.

III. — LE CHEMIN DE FER DE LA GUINÉE.

Le chemin de fer de la Guinée a pour but de relier à la côte, par le plus court chemin, les contrées du Haut-Niger et de ses nombreux affluents. Il doit, en outre, permettre la mise en valeur des régions relativement tempérées du Fouta-Djallon. Dès à présent, d'ailleurs, les possibilités économiques de la colonie apparaissent comme considérables. La région limitrophe de Sierra-Leone et du Liberia est, en effet, extrêmement riche en kolatiers et en caoutchouc d'excellente qualité; à ces

Digitized by Google

produits de cueillette viennent, en outre, s'ajouter ceux que donne dès à présent le sous-sol et qui paraissent devoir s'augmenter considérablement dans un avenir prochain. Les prospections récentes qui viennent d'avoir lieu dans le Bouré et dans le lit de plusieurs affluents du Niger (Tinkisso, Sankarany) ont, en effet, nettement montré les richesses aurifères des pays en question, et l'on peut escompter dès à présent leur mise en exploitation d'ici quelques années.

La région côtière, qui s'étend jusqu'au Konkouré, comprend aussi des terres assez fertiles dans le fond des vallées; mais elle est malheureusement peu peuplée. Il résulte de ce qui précède que le trafic du chemin de fer de la Guinée doit, comme celui de Kayes au Niger, être surtout un trafic de bout en bout; les résultats de l'exploitation provisoire ont jusqu'à présent confirmé ces prévisions.

Le transfert possible du chef-lieu de la colonie sur le plateau de Diaguissa, à 50 kilomètres environ dans le nord de Timbo (1.200 mètres d'altitude environ), pourrait d'ailleurs donner lieu à un trafic intermédiaire notable, si ce projet était suivi d'exécution.

Nous avons dit précédemment que la conception de cette voie de pénétration est due à Ballay. Les travaux commencèrent le 1er juillet 1900; placés sous le contrôle technique du Génie, ils avaient été confiés à un entrepreneur à la suite d'une adjudication publique.

La désertion des ouvriers noirs, que pouvait seule recruter l'Administration, contraignit à la résiliation à l'amiable du contrat (4 février 1902), et depuis cette époque les travaux ont été poursuivis en régie sous la direction du Génie militaire.

Actuellement, la ligne est ouverte à l'exploitation depuis Konakry jusqu'à la rivière Konkouré (253 kilom.). La section s'étendant de ce point au col de Koumi (310 kilom.) sera sans doute ouverte à l'exploitation en avril 1908[1], et l'on peut prévoir que la ligne arrivera à Kouroussa (595 kilom.) vers la fin de 1910, à la condition d'attaquer les travaux par les deux extrémités de la ligne.

La dépense kilométrique de premier établissement a été d'environ 96.000 francs pour la première section (Konakry-Kindia), et de 120.000 francs pour le tronçon Kindia-Konkouré. Elle sera notablement moindre pour la partie restant à construire.

La ligne de la Guinée sera certainement, au point de vue du tracé, une des lignes tropicales les plus pittoresques, en raison du caractère accidenté du massif du Fouta-Djallon. Le tracé a son origine au wharf de Konakry (fig. 3); partant de là, il traverse l'île verdoyante de Tombo et franchit sur une digue de sable le bras de mer, asséchant à mer basse, qui la sépare de la terre ferme. Au kilomètre 8, la ligne commence à s'élever et suit l'arête de la presqu'île du Kaloum qui s'attache au massif continental par la montagne granitique du Kakoulima (altitude 1.000 mètres), que la ligne contourne en franchissant au sud ses divers contreforts, jusqu'au kilomètre 53. La voie descend ensuite dans la vallée du Tabili à l'aide d'un grand lacet, puis elle gagne la très pittoresque vallée du Badi, qui est traversée au kilomètre 102 et à la cote 108 mètres;

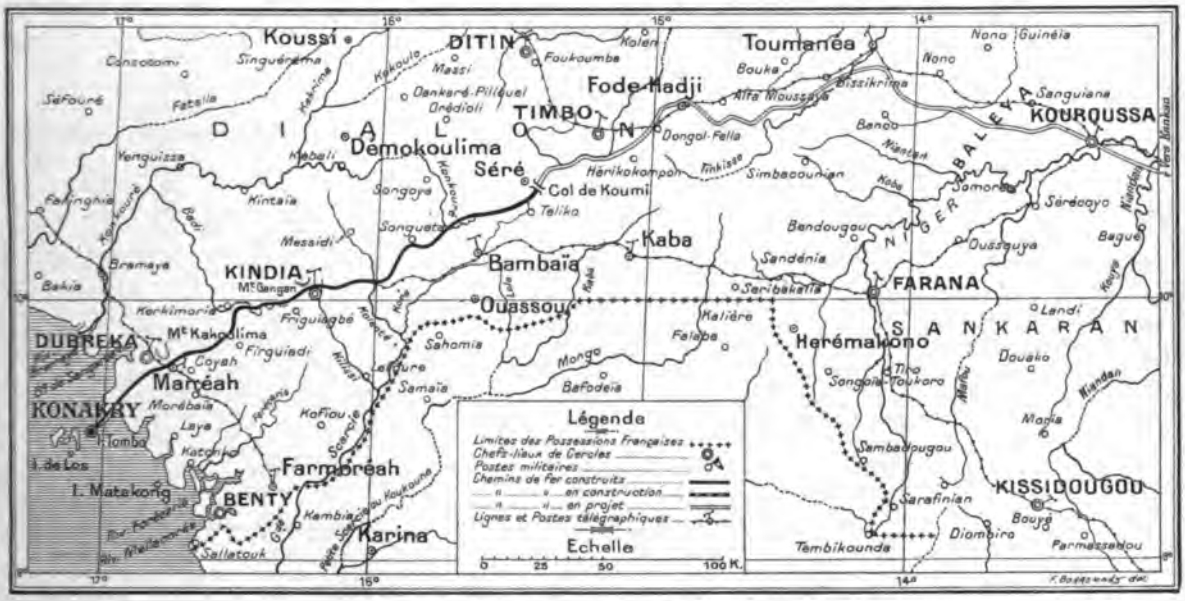


Fig. 3. — *Chemin de fer de la Guinée.*

[1] L'inauguration de cette seconde section vient d'avoir lieu à la date du 1er février dernier.

Digitized by Google

à partir de ce point, le rail s'élève peu à peu et atteint la cote 448m,4 au col de Kindia (148,50 kilom.). Au kilomètre 122, le ravin de Donkhéa est franchi en courbe de 120 mètres de rayon sur un pont de 4 travées (de 90 mètres de longueur) (fig. 4).

Après Kindia (fig. 5), la voie descend dans la vallée de la Santa, qu'elle traverse au kilomètre 164,500; puis, du kilomètre 168 au kilomètre 182, elle contourne le massif de la Sira Foré. Le passage entre les deux vallées s'effectue par le col de Débékobi, qui est traversé par une tranchée de 17 mètres de profondeur. Une récente reconnaissance géologique du massif précité, faite par M. Chautard, a montré qu'il pouvait être appelé à devenir le siège de recherches minières intéressantes, par suite des nombreuses formations aurifères d'espèces variées qui ont été rencontrées. Le cuivre a été également trouvé au delà de la Sira Foré, et, bien qu'il ne soit pas exploitable, il est possible qu'il en soit différemment dans le voisinage.

En quittant la vallée de Sira Foré, le rail commence par s'élever, puis redescend au passage de la Kolenté (199 kilom.); la voie longe ensuite les massifs aurifères du Souti et du Yanfoui et atteint Songueta (220 kilom.); la rivière Konkouré, terminus actuel de l'exploitation, est traversée au kilomètre 253.

On peut d'ailleurs escompter, pour avril 1908, l'ouverture à l'exploitation du tronçon rivière Konkouré-col de Koumi (310 kilom.).

Il nous reste à examiner les conditions et les résultats généraux de l'exploitation.

Les tarifs des transports sont donnés dans les deux tableaux ci-après :

Fig. 4. — *Pont de Donkhéa (Guinée française).*

Voyageurs (par kilomètre).

1re classe	0f30
2e —	0 20
3e —	0 10
4e —	0 04

Les bagages et les messageries sont taxés à raison de 1 fr. 50 la tonne kilométrique.

Petite vitesse (par tonne kilométrique).

IMPORTATION	
1re catégorie :	
Poudres et explosifs.	2f 50
Alcools, matières inflammables	1 50
2e catégorie :	
Tissus, effets, vins, meubles	1 00
3e catégorie :	
Viandes salées, poissons secs, matériaux de construction	0 60
4e catégorie :	
Charbon, etc.	0 30
EXPORTATION	
1re catégorie :	
Caoutchouc, plumes, ivoire, kolas.	1 »
2e catégorie :	
Résines, cire, cuirs, bois, café, karité.	0 50
3e catégorie :	
Miel, maïs, patates, coton, fruits, etc.	0 20

Des tarifs spéciaux ont été mis en vigueur, à la montée, pour le sel et les matériaux de construction, taxés à raison de 0 fr. 20 la tonne kilométrique; à la descente, pour le caoutchouc, taxé à raison de 0 fr. 80 la tonne kilométrique.

On notera l'élévation de ces tarifs par rapport à ceux du Kayes-Niger; mais il y a lieu de penser qu'ils ne sont que provisoires et que leur réduction coïncidera avec l'ouverture de la totalité de la ligne à l'exploitation. Celle-ci s'annonce, d'ailleurs, dès à présent comme rémunératrice, puisque les recettes commerciales pour 1906 se sont élevées à 4.816 francs par kilomètre, non compris les transports effectués pour le compte de la partie en construction, qui s'élèvent à 1.356 francs. Le coefficient d'exploitation est voisin de 0 fr. 73.

Digitized by Google

Il serait, d'ailleurs, oiseux d'entrer dans des détails à cet égard, étant donné que les résultats à espérer après l'ouverture de la ligne entière seront très supérieurs aux résultats actuels. L'industrie minière prendra, en effet, à ce moment un très vif essor, dont il est difficile d'apprécier l'importance.

La répartition du trafic pendant le dernier trimestre de 1906 a été la suivante :

Voyageurs. Recette globale	49.913f 30
Marchandises	186.675 95
Total	236.589 25

La nature spéciale du trafic est mise en évidence par le tableau suivant, relatif aux marchandises transportées pendant l'année 1905 :

Montée (de Konakry vers Kindia).

Riz	738,1	tonnes.
Sel	884,3	—
Tissus	514,6	—

Descente (de Kindia vers Konakry).

Caoutchouc	478,8	tonnes.
Cuirs bruts	67,1	—
Ivoire	1,9	—

Les chiffres du dernier tableau seront de beaucoup majorés lorsque le rail atteindra Kouroussa.

IV. — Le chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.

La ligne actuellement en construction dans notre colonie de la Côte-d'Ivoire a pour but de relier la côte à l'hinterland soudanais, situé au nord de l'épaisse forêt qui s'étend dans cette direction à près de 300 kilomètres du littoral. Une trouée existe cependant dans ce massif forestier ; elle prolonge, entre le Bandama et le N'zi, la région de la brousse soudanaise, jusqu'à environ 100 kilomètres de la côte. C'est cette trouée qui a été utilisée pour le tracé de la nouvelle voie de pénétration, qui constituera le chemin d'accès le plus court de la côte au cœur de la boucle du Niger.

Ici encore les possibilités économiques sont nombreuses ; dans la région côtière et sur le littoral, le palmier à huile croît en abondance, et la forêt de la Côte-d'Ivoire constitue une des réserves forestières du globe les plus riches ; les facilités d'exploitation qu'apportera la voie ferrée vont permettre sa mise en valeur à brève échéance ; l'essor remarquable qu'a pris dans ces dernières années l'exportation de l'acajou de cette région et celle du bois rouge (OKoumé) de l'Ogôoué est un sûr garant de l'importance du trafic de cette nature auquel aura à faire face la nouvelle voie ferrée. Enfin, la région du Soudan proprement dite est, comme la forêt, riche en caoutchouc, et convient à la culture du coton, du mil et de l'arachide. On y trouve également des kolatiers et des karités.

Fig. 5. — *Gare de Kindia (Guinée française).*

En outre, tout le long du rail, on rencontre fréquemment des exploitations aurifères indigènes, et, bien qu'il ne soit pas possible de se prononcer, quant à présent, sur la question de savoir si elles sont susceptibles d'être exploitées industriellement, il n'en est pas moins certain qu'il y a tout au moins là une promesse sérieuse de richesse. Ajoutons que la densité de la population, relativement considérable près de la côte (40 habitants par kilom. carré), est encore loin d'être négligeable dans la région de Kong (10 par kilom. carré).

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'idée d'un

Digitized by Google

chemin de fer à la Côte-d'Ivoire date de 1898; lancée par M. Binger, ancien gouverneur de la colonie, elle fut immédiatement suivie d'exécution, et le commandant Houdaille était chargé d'étudier une voie ferrée de 100 kilomètres de longueur et de pousser une reconnaissance dans la direction de Kong, en vue du prolongement du tracé étudié.

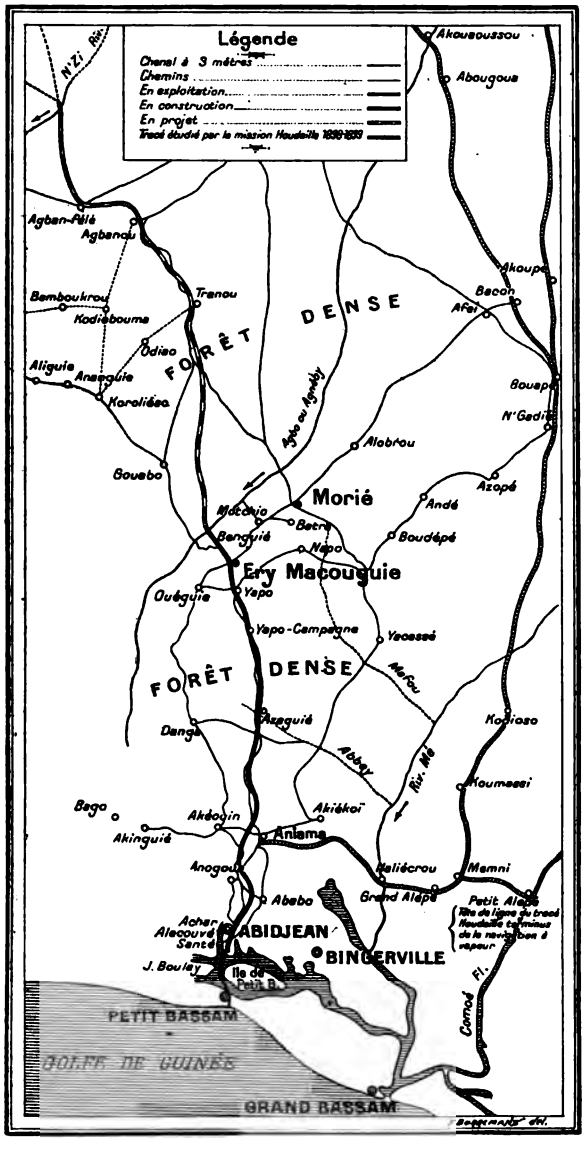


Fig. 6. — *Chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.*

La création d'un port à Abidjean et l'abandon de celui de Grand-Bassam ayant été décidés postérieurement à l'établissement du premier tracé étudié par le commandant Houdaille, on décida d'abandonner ce dernier tracé et de lui en substituer un autre partant d'Abidjean pour se diriger vers Katiola et Kong, en utilisant la trouée de la forêt dont nous avons parlé précédemment. C'est ce tracé, étudié par MM. les commandants Crosson, Duplessis et Calmel, qui est actuellement en cours d'exécution.

La ligne part d'Abidjean (fig. 6 et 7), situé sur un plateau dominant de quelques mètres la lagune Ebrié, au bord de laquelle elle est reliée par rail. Dès son origine, la voie se dirige vers le Nord, en traversant, sur les 25 premiers kilomètres de la ligne, un terrain d'argile ferrugineuse où se trouvent de nombreux palmiers à huile. De là jusqu'à Tranou (115 kilom.), le rail s'allonge dans une ré-

TABLEAU VIII. — *Tarif des voyageurs (par tête et par kilomètre) sur le chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.*

CLASSES	JUSQU'A 100 KILOM.	DE 100 A 200 KILOM.	AU DELA de 200 KILOM.	BAGAGES et messageries (par tonne kilométrique)
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1re classe.	0 25	0 20	0 15	1 50
2e —	0 15	0 12	0 10	» »
3e —	0 08	0 07	0 06	» »
4e —	0 04	0 035	0 03	» »

gion parsemée de nombreuses et faibles ondulations, dans les creux desquelles coulent des marigots sans importance.

Une couche épaisse d'argile constitue le sous-sol,

TABLEAU IX. — *Tarif de la petite vitesse (tonne kilom.) sur le chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.*

NATURE DES TRANSPORTS	PARCOURS		
	jusqu'à 100 kilom.	de 100 jusqu'à 200 kilom.	en plus de 200 kilom.
Importation (montée) :	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1re catégorie (*a*)	1 50	1 30	1 10
2e — (*b*)	1 »	0 85	0 70
3e — (*c*)	0 80	0 70	0 60
4e — (*d*)	0 50	0 40	0 30
5e — (*e*)	0 30	0 20	0 10
Exportation (descente) :			
1re catégorie (*f*)	1 »	0 80	0 60
2e — (*g*)	0 50	0 35	0 20
3e — (*h*)	0 30	0 20	0 15
4e — (*i*)	0 20	0 15	0 10

et ce n'est que de loin en loin qu'on trouve quelques affleurements de gneiss ou de granit, d'ailleurs sans importance. Ce fait explique pourquoi on a dû se borner à un ballastage provisoire, constitué par le sol sablonneux des bords de la lagune.

Toute la région parcourue par la ligne est recouverte d'une forêt d'aspect grandiose, mais quelque peu monotone.

La nature du terrain décrit précédemment explique tout à la fois le nombre et la faible importance des ponceaux rencontrés sur la ligne. Le tracé comporte des rampes nettes maxima de

Digitized by Google

25 millimètres et des courbes d'un rayon minimum de 150 mètres. Le rail est du type Vignole, et pèse 25 k. 500 le mètre; la traverse employée est une traverse métallique employée au Harrar et en Guinée, pesant 36 k. 675. Le poids de la voie est d'environ 91 tonnes par kilomètre.

L'exécution de la section forestière de la ligne a présenté des difficultés sérieuses, en raison des opérations de dessouchage.

Le prix du kilomètre, d'environ 85.000 francs pour cette partie de la ligne, s'abaissera notablement au delà de Tranou.

Fig. 7. — *Gare d'Abidjean-Ville (Côte-d'Ivoire).*

La situation actuelle des travaux est la suivante :

La section d'Abidjean à Ery-Macougnie (81 kilom.) est en exploitation depuis le 1er juin 1907. Au 1er août dernier, les études avaient atteint le kilomètre 175, les travaux étaient au kilomètre 125, et le rail était à 86 kilomètres de la côte.

Les tarifs actuellement en vigueur sont ceux fixés par l'arrêté du Gouvernement général en date du 2 juin dernier. Ils sont dégressifs comme ceux du Kayes-Niger ; toutefois les paliers sont différents (tableaux VIII et IX).

Fig. 8. — *Montage d'une remise aux locomotives sur le chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.*

La nature des transports en petite vitesse est divisée en neuf catégories :

a) Poudres et explosifs ;

b) Armes, alcools, matières dangereuses;

c) Etoffes tabacs, vivres, meubles;

d) Machines, quincaillerie, vins, conserves, matériaux mis en œuvre ;

e) Viandes fumées, poissons secs, matériaux bruts, houille ;

f) Caoutchouc, plumes, ivoire, kolas ;

g) Résines, café, cacao, gommes ;

h) Acajou, bois d'ébénisterie, huile de palme;

i) Oléagineuses, mil, riz, pierres, sables, bois à brûler.

En vue de faciliter l'exploitation des richesses forestières de la colonie, des réductions importantes, d'environ 50 °/₀ sur les tarifs généraux, sont, en outre, accordées aux expéditions de bois en billes, d'au moins 30 tonnes, groupées sur un même point de la ligne.

Les résultats de l'exploitation définitive ne pourront présenter quelque intérêt que lorsque la ligne aura dépassé Tranou; au surplus, l'exploitation de la première section vient seulement de commencer à la date du 1er juin dernier.

V. — Le chemin de fer du Dahomey.

Le Dahomey possède actuellement deux voies ferrées : l'une, encore en construction, et reliant Cotonou, principal port de la colonie, à Savé (259 kilom.), avec embranchement sur Ouidah et le lac Ahémé, l'autre allant de Porto-Novo à Sakété (35 kilom.).

La première de ces lignes constitue le premier

Digitized by Google

tronçon d'une voie de pénétration destinée à relier la côte au Moyen-Niger et à la région du Zinder; la seconde n'est qu'une ligne d'intérêt local, destinée à desservir la populeuse et riche banlieue de Porto-Novo. La nécessité où se trouvait l'Afrique occidentale française de limiter à cent millions le montant de l'emprunt qu'elle vient de contracter, jointe à l'infériorité relative actuelle des ressources économiques de l'hinterland soudanais du Dahomey, a décidé le Gouvernement général à fixer provisoirement à Savé le terminus actuel de la ligne Cotonou-Niger.

C'est en 1897 que la demande de concession d'une ligne joignant Cotonou à Allada et au plateau d'Abomey fut présentée par MM. Mante et Borelli. Les offres des demandeurs s'appliquaient à une voie de 0m,60, qu'ils s'engageaient à construire moyennant la concession définitive ou l'affermage pendant quarante ans de terrains situés de part et d'autre de la future voie ferrée, terrains dont l'étendue totale représentait les 3/5 des terres de rapport du Bas-Dahomey.

Fig. 9. — *Construction démontable (pavillon Gillet), sur le chemin de fer de la Côte-d'Ivoire.*

A la suite d'une reconnaissance faite par M. Fontaneilles, ingénieur des Ponts et Chaussées, il fut décidé de procéder à l'étude détaillée d'un tracé de chemin de fer à voie d'un mètre, qui partirait d'Abomey-Calavi pour se diriger par Allada et Abomey sur Zagnanado et ultérieurement vers le Niger. Le colonel Guyon, de l'arme du génie, dirigea cette mission, qui eut lieu au cours de 1899, et à la suite de laquelle on substitua au tracé précédent un tracé allant de Cotonou à Allada, Abomey et Atchéribé. Le projet définitif ayant été approuvé par le Comité des travaux publics des colonies, le ministre, par arrêté du 20 mars 1900, autorisa la colonie du Dahomey à exécuter, par voie de régie, les travaux d'infrastructure de la ligne en question, dont la direction fut confiée au colonel Guyon, ayant sous ses ordres des militaires du génie. Par le décret du 26 juin 1900, complété par l'arrêté ministériel du 7 juin 1901, les travaux de superstructure et l'exploitation furent confiés à la Compagnie française des chemins de fer au Dahomey. Celle-ci recevait en échange 300.000 hectares de terrains à choisir d'accord avec la colonie et une subvention kilométrique annuelle de 2.000 francs pendant huit ans.

La Compagnie appliquait des tarifs qui, pour le transport des marchandises, variaient de 1 fr. 50 à 0 fr. 60 par tonne kilométrique. Enfin, les recettes, jusqu'à 6.000 francs par kilomètre, étaient la propriété intégrale de la Compagnie et l'excédent sur ce dernier chiffre devait être partagé entre la colonie et la Compagnie.

Le manque de trafic, dû à l'élévation des tarifs, et l'impossibilité d'exécuter les clauses de la convention relatives aux concessions de terres, sans réduire à l'état d'esclavage la presque totalité de la population, amenèrent les deux contractants à traiter sur de nouvelles bases.

La convention du 24 août 1904, qui est actuellement en vigueur, a décidé que la Compagnie concessionnaire continuerait à exploiter la ligne, mais que les tarifs et les horaires des trains seraient désormais fixés par le gouverneur général. Les travaux exécutés par la Compagnie lui étaient en outre rachetés, et cette dernière était constituée entrepreneur de la superstructure jusqu'à Tchaourou, envisagé à cette époque comme le terminus de la nouvelle ligne.

La colonie prend les recettes à son actif, mais garantit à la Compagnie une somme annuelle déterminée par la formule :

$$0{,}15\,R + (2.500 + S)\,L + 0{,}75\,T + 0{,}014\,VK + 0{,}05\,MK,$$

où R représente les recettes totales provenant de l'application des tarifs réglementaires, L la longueur en kilomètres de la ligne exploitée, T le nombre total de kilomètres parcourus annuelle-

Digitized by Google

ment par les trains réguliers, VK la somme des produits arithmétiques du nombre des voyageurs payants de toute classe et de tout tarif transportés pendant l'année, multiplié par le nombre de kilomètres parcourus par chacun d'eux, MK le nombre des tonnes kilométriques de marchandises payantes transportées pendant l'année, S un supplément kilométrique égal à 460 francs en 1907-1908 et jusqu'au 31 août 1909, date à partir de laquelle il sera égal à 0.

Cette formule est désavantageuse pour la colonie, étant donnée la faiblesse actuelle du trafic. Ainsi, les résultats de l'exploitation du deuxième semestre 1906 sont les suivants :

Montant des sommes acquises à la Compagnie par application de la formule ci-dessus : 504.620 fr. 53. Montant des recettes brutes d'exploitation perçues pendant la même période : 237.385 fr. 99. D'où un solde de 267.234 fr. 54 à régler par la colonie. Pour les 226 kilomètres exploités, la recette brute kilométrique correspond donc pour le semestre en question à 1.050 francs.

La ligne part de Cotonou (fig. 10) et longe la côte pendant 26 kilomètres jusqu'à la gare de Pahou, point d'où se détache l'embranchement sur Ouidah et le lac Ahémé. A partir de Pahou, la ligne prend la direction du Nord, qu'elle suivra à peu près jusqu'à Paouignan (194 kilom.).

Jusqu'à Pahou, la ligne se développe sur un sol sablonneux couvert de palmiers à huile et de cocotiers; un peu au delà de Pahou, elle traverse, à Adjara, la lagune côtière au moyen d'un remblai de sable important. Au delà de cette lagune, la ligne s'enfonce dans une région plate et boisée, mais parsemée de clairières couvertes de cultures. La forêt, sans avoir l'aspect grandiose de celle de la Côte-d'Ivoire, est néanmoins fort belle, surtout aux approches de la Lama. Cette dernière région est constituée par une dépression à fond argileux de 12 à 15 kilomètres de largeur dans le sens Nord-Sud. Desséchée de janvier à mai, la Lama se transforme, pendant le reste de l'année, en un marais dont la traversée est d'autant plus difficile que son sol boisé est loin d'être uniformément plan. Au sortir de la Lama, le pays se découvre et le rail s'élève sur le plateau d'Abomey, que la ligne traverse depuis la station de Ouansougou (116 kilom.) jusqu'à celle d'Atcheribe (175 kilom.). Toute cette région est couverte de palmiers à huile et de superbes cultures de toutes sortes, parmi lesquelles domine celle du maïs. A Atcheribé, la voie franchit le Zou sur un pont de 60 mètres. A partir de ce point apparaissent les premières formations granitiques, sous forme de collines formées par des amoncellements de blocs. Jusque-là, le sol ne présentait aucune formation rocheuse, et cette particularité a contraint à ballaster avec du sable.

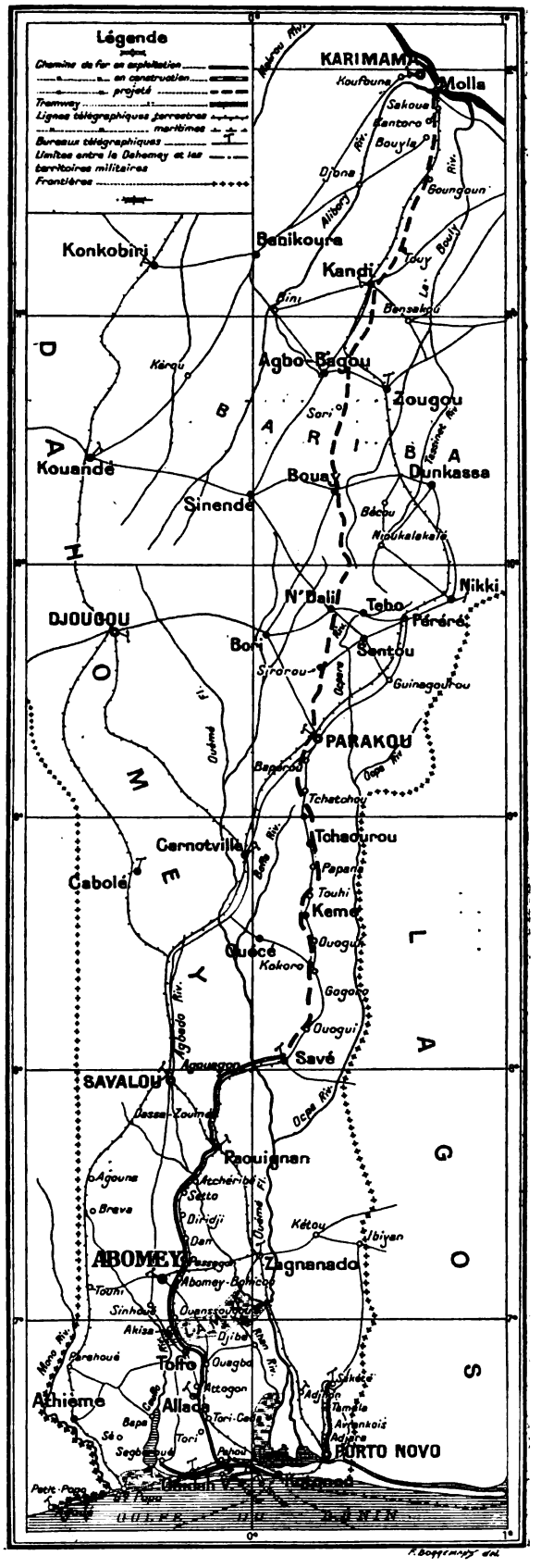


Fig. 10. — *Chemins de fer du Dahomey.*

Digitized by Google

A Paouignan, terminus actuel de l'exploitation (194 kilom.), on rencontre encore des massifs de palmiers à huile qui deviendront désormais de plus en plus rares à mesure que l'on s'élèvera vers le Nord. Ajoutons que les rampes maxima sont de 16 millimètres et que la presque totalité des courbes a plus de 300 mètres de rayon. Il résulte de cette description sommaire que, jusqu'à Paouignan, les régions traversées sont riches et peuvent donner lieu à un trafic important. A cet égard, il y a lieu de citer le maïs, dont l'exportation, nulle il y a quelques années, commence à prendre une notable extension, ainsi que le fait ressortir le tableau suivant :

1904.	200 tonnes.
1905.	2.000 —
1906.	7.280 —

En outre, la culture du coton fait de sérieux progrès dans la région de Paouignan, grâce aux efforts de l'Administration et de l'Association cotonnière coloniale.

Les huiles et les amandes fournissent toujours la majeure partie du trafic. Les années de sécheresse qui ont désolé la colonie de 1903 à 1906 ayant pris fin, il est probable que les transports de ces denrées accuseront sous peu une notable augmentation.

TABLEAU X. — *Tarif des Voyageurs (par kilomètre) sur le chemin de fer du Dahomey.*

CLASSES	DE 0 A 100 KILOM.	DE 100 A 200 KILOM.	AU DELA de 200 KILOM.	MESSAGERIES et BAGAGES
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
1re. . .	0 25	0 20	0 15	1 fr. 50 par tonne kilométrique.
2e . . .	0 15	0 12	0 10	
3e . . .	0 08	0 07	0 06	
4e . . .	0 05	0 04	0 03	

Les tableaux X et XI donnent les tarifs en vigueur par catégories :

La deuxième catégorie comprend : l'huile de palme, le café, le caoutchouc, le cacao et les vins.

La troisième comprend : les amandes de palmes, le maïs, les matériaux mis en œuvre, les machines et outils.

La quatrième comprend : les arachides et le coton.

TABLEAU XI. — *Tarif des marchandises (par tonne kilométrique) sur le chemin de fer du Dahomey.*

CATÉGORIES	DE 0 A 100 KILOM.	DE 100 A 200 KILOM.	AU DELA DE 200 KILOM.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1re catégorie. . .	1 »	0 80	0 60
2e — . . .	0 60	0 50	0 40
3e — . . .	0 40	0 30	0 20
4e — . . .	0 20	0 15	0 10
5e — . . .	0 15	0 12	0 10

La cinquième : les noix de coco, les matériaux bruts (sable, terre à brique, etc.).

La sixième : l'ivoire et toutes les marchandises non dénommées ci-dessus.

Des tarifs spéciaux favorisent, en outre, l'exportation du maïs, de l'huile et des amandes de palmes (tarifs du 28 novembre 1904), ainsi que celle du coton et des arachides (tarifs du 21 juillet 1905).

La ligne de Porto-Novo à Sakété, que l'on peut plutôt considérer comme un tramway et qui est exploitée par la colonie (ouverture à l'exploitation de la section Porto-Novo-Kouti à la date du 1er avril 1907), applique les tarifs suivants :

Voyageurs (par kilomètre).	1re classe	0f 03
	2e —	0 02
Marchandises.	sans condition de tonnage	0 30
	perçu au tonnage minimum de 5 tonnes.	0 22

On remarquera la faiblesse des tarifs voyageurs qui sont les plus bas de l'A. O. F. Bien que la banlieue de Porto-Novo constitue, en Afrique Occidentale, une région exceptionnelle au point de vue de la densité de la population, il n'en sera pas moins intéressant de suivre les effets produits sur le trafic voyageurs par l'application des tarifs précédents.

XXX.

Digitized by Google

LES LAMPES A INCANDESCENCE A FILAMENTS MÉTALLIQUES

S'il est une cause qui a puissamment nui au développement de l'éclairage électrique, c'est la consommation élevée des lampes à incandescence employées jusqu'à ce jour. Les filaments de charbon utilisés pour la fabrication de ces lampes absorbent 3 watts à 3 watts 1/2 par bougie : de là, une dépense d'énergie se traduisant par des frais notablement supérieurs à ceux de l'éclairage par le gaz. Même après réduction du prix de l'hectowattheure, facilitant la concurrence entre les deux lumières, la lumière électrique ne pouvait être, chez les particuliers, qu'un éclairage de luxe, tant qu'on n'avait pas trouvé des lampes à consommation réduite. C'est vers ce but que se sont dirigées

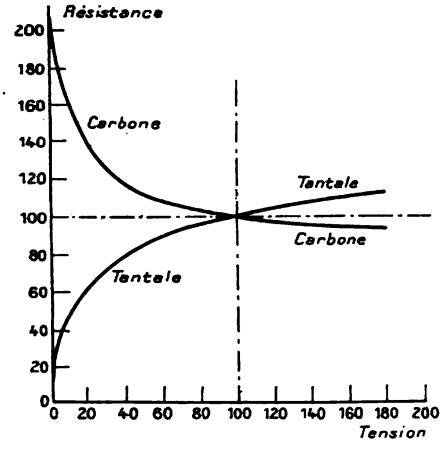


Fig. 1. — *Variations de la résistance du carbone et du tantale avec la température.*

les recherches de nombreux savants, et il semble que, maintenant, le problème soit résolu par la substitution de filaments métalliques aux filaments de charbon.

Déjà, en 1883, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, W. Siemens exposait qu'il fallait, pour arriver à une solution, se baser sur ce principe, que la partie visible de la radiation d'un corps incandescent croît avec la température, et que la lampe la plus économique doit être celle dont le filament supporte la plus haute température. Le problème consistait donc à trouver un corps possédant un point de fusion tellement élevé que la température à laquelle la radiation devient économique fût notablement au-dessous du point auquel le filament se détériore par un commencement de fusion ou par désagrégation.

Si l'on arrivait à trouver des métaux réalisant ces conditions, ils présenteraient, en outre, cet avantage d'avoir une résistance croissante avec la température, alors que le phénomène inverse se produit avec les filaments de charbon (fig. 1).

Avant l'adoption des lampes à incandescence actuelles, on avait employé des filaments en platine; mais le point de fusion de ce métal, qui est de 1.775°, n'est pas suffisamment élevé pour réaliser les conditions voulues, et l'on dut abandonner ce métal pour lui substituer le carbone, qui, ainsi, pendant longtemps, a été exclusivement employé.

Il a été reconnu que, pour un emploi utile dans des lampes à incandescence, le point de fusion du métal ne doit pas être inférieur à 2.000°. Plusieurs métaux sont dans ce cas; mais, parmi eux, on ne peut choisir que ceux qui prennent sans difficulté la forme d'un fil et dont la matière première n'est pas trop rare.

Les métaux qui, jusqu'ici, ont donné les meilleurs résultats sont le *tantale*, le *tungstène*, l'*osmium* et le *zirconium*.

I

L'ingénieur W. von Bolton, qui avait été chargé par la Maison Siemens et Halske de faire des recherches sur les filaments métalliques pouvant s'adapter aux lampes à incandescence, songea d'abord à utiliser le vanadium et le niobium.

Contrairement aux déclarations de Berzélius, on avait pu se rendre compte que le pentoxyde de vanadium est un conducteur de l'électricité à la température ordinaire, et l'on était arrivé à décomposer l'acide vanadique par l'électrolyse; mais le point de fusion du vanadium fut reconnu trop bas pour le but qu'on se proposait. Il en fut de même du niobium, dont les filaments ont une tendance à se disperser sous l'influence de l'échauffement électrique.

Alors, on passa au tantale, dont le point de fusion est compris entre 2.250 et 2.300°; en réduisant le tantalo-fluorure de potassium, on obtint une poudre métallique qui, sous l'action du rouleau, prit de la cohésion. D'autre part, on essaya de faire une pâte avec de l'oxyde tantalique et de la paraffine, de lui donner la forme d'un fil, et, alors, de le réduire.

C'est au cours de cette expérience que M. von Bolton remarqua la formation d'un globule de tantale fondu, globule qui se montra tenace et malléable.

Profitant de cette observation, il fit fondre dans le vide la poudre qu'il avait obtenue et qui avait retenu un peu d'oxygène pendant la réduction :

Digitized by Google

chauffée ainsi à blanc, la poudre se dissocia, et, après plusieurs fusions successives, il resta du tantale parfaitement pur. Ce résultat était d'autant plus intéressant que, jusqu'alors, on n'avait pu guère obtenir que du tantale à l'état de combinaison, notamment du carbure de tantale, différant assez notablement du métal pur. M. Moissan lui-même avait reconnu que le corps obtenu par lui renfermait 1/2 °/₀ de carbone. Il ne faut donc pas être surpris si le poids spécifique 12,8 indiqué par le savant français diffère de celui qu'a trouvé M. von Bolton et qui est 16,8.

A l'état de pureté, le tantale, plus tenace que l'acier, en a la dureté : il est malléable et peut être étiré à la filière. La résistivité, rapportée à 1 mètre de longueur et à 1 millimètre carré de section, est de 0,165 ohm; mais, à la température d'incandescence du filament, correspondant à une consommation de 1,5 watt par bougie Hefner, cette résistance est portée à 0,830 ohm.

Quand on eut reconnu que le tantale peut être étiré en fils fins susceptibles d'être enroulés et tendres comme des fils d'acier, on fit une série d'essais en vue de son utilisation aux lampes à incandescence, et M. Feuerlein compléta à ce point de vue les travaux de M. von Bolton.

Dès les premiers essais, on put se convaincre que le tantale ne se dispersait que très peu dans le vide, même dans une forte intensité de courant. Le noircissement constaté au début ne tarda pas à s'atténuer, puis à disparaître presque complètement au fur et à mesure du perfectionnement des procédés chimiques et mécaniques employés pour la purification du métal et l'obtention de filaments uniformes.

Il résulte des expériences de Feuerlein que, pour une lampe de 25 bougies, il faut un filament d'environ 650 millimètres de longueur et 5 millimètres de diamètre. Ce n'est qu'après de nombreux et pénibles essais qu'on put arriver à étirer à des longueurs suffisantes des fils d'aussi faible diamètre. Il s'agissait ensuite de disposer d'une façon convenable ce filament dans l'intérieur d'une lampe à incandescence. Le ramollissement du métal un peu au-dessous de son point de fusion ne permettant pas de le disposer en boucles et les essais faits dans ce but ayant échoué, on fut bientôt convaincu que le seul moyen pratique consistait à subdiviser la longueur totale du fil en courtes sections droites soutenues à leurs extrémités par des porte-fils isolés. C'est ainsi que l'on put, en septembre 1903, produire la première lampe fonctionnant régulièrement sous une différence de potentiel de 110 volts, tension qui, avec certaines modifications, fut ensuite portée à 220 volts dans d'autres modèles de lampes.

Actuellement, le type de lampe de 25 bougies, fonctionnant sous une tension de 110 volts avec une consommation de 1,5 watt par bougie, comporte (fig. 2) un porte-fil central formé par une courte baguette en verre, ayant deux lentilles, dans lesquelles sont fixés les tiges de support s'étendant les unes vers le haut et les autres vers le bas en forme d'ombrelle. L'étoile supérieure se compose de 11 tiges et l'étoile inférieure de 12 tiges, de sorte que chaque tige supérieure se trouve en projection au milieu des deux tiges inférieures. Entre ces tiges, terminées à leurs extrémités libres en crochets, le filament est passé en zigzag. Son poids est de 22 milligrammes, de sorte qu'environ 45.000 lampes correspondent à un kilogramme de tantale. La lampe, ainsi disposée, est très stable, résiste parfaitement aux chocs et peut brûler dans n'importe quelle position : sa durée normale est de 800 heures et peut, sans inconvénient, être portée à 1.000 heures!

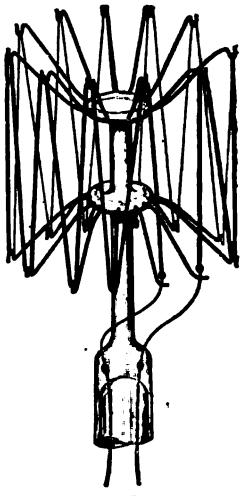


Fig. 2. — *Disposition des filaments de tantale dans la lampe à incandescence.*

Une particularité de ces lampes, c'est que, si le filament vient à se casser, il se soude le plus souvent avec un filament voisin, et la lampe, alors, continue à brûler.

II

Ce qui recommandait plus spécialement le tungstène à l'attention des électriciens pour la fabrication des lampes à incandescence, c'est sa haute température de fusion, qui, d'après Waidner et Burgess, est de 3.200°.

La difficulté était d'avoir le tungstène pur; mais cela ne suffisait pas : il fallait, en outre, l'obtenir en filaments suffisamment fins pour pouvoir l'adapter d'une façon pratique aux lampes électriques à incandescence.

Ce métal est assez peu connu à l'état isolé. Il se rencontre dans la nature à l'état de tungstate de fer et de manganèse (*Wolfram*) ou de calcium (*Scheelite*). Il n'avait été employé jusqu'ici que carburé, pour la fabrication des aciers spéciaux, auxquels il donne une grande dureté.

L'obtention du tungstène pur sous forme de filament long et fin était un problème difficile à résoudre, et plusieurs procédés ont été préconisés pour arriver à ce résultat. Pour les uns, le tungstène s'obtient par la réduction de l'acide tungstique en présence de l'hydrogène; pour d'autres, il est

Digitized by Google

préférable de réduire les combinaisons hydrogénées et azotées résultant du traitement des sels de tungstène par le zinc, le magnésium, l'aluminium ou le sodium en présence d'un courant d'hydrogène et d'azote. Pour certains, le filage se fait après réduction, tandis que d'autres n'opèrent la réduction qu'après le filage. Parmi les divers systèmes proposés, il y a lieu de signaler en particulier le procédé Kusel et le procédé Just et Hanaman.

Le Dr Hans Kuzel, chimiste autrichien, prend comme point de départ l'emploi du métal à l'état colloïdal, état tout spécial qui n'avait jusqu'ici trouvé son application qu'en médecine. Les filaments du Dr Kuzel sont formés de colloïdes de métaux n'entrant en fusion qu'à une température élevée : ces colloïdes forment, en présence d'eau simple, sans l'intervention d'aucun autre corps, des masses absolument plastiques et qu'il suffit de sécher pour leur donner une grande dureté. Ces masses plastiques peuvent être transformées en filaments extrêmement ténus, qui, portés à l'incandescence, passent à l'état cristallin. La suppression de tout intermédiaire empêche la formation d'impuretés, et les filaments ainsi obtenus se distinguent par leur homogénéité parfaite, leur diamètre uniforme et leur extrême ténuité.

D'après le procédé de MM. Alexandre Just et Fraz Hanaman, qui a été breveté en Angleterre, on soumet d'abord des filaments de charbon de 2/100 à 6/100 de millimètre de diamètre à l'action du courant électrique dans une atmosphère d'hexachlorure de tungstène en présence d'hydrogène ou autres substances réductrices; il se forme alors sur le charbon un dépôt métallique. Lorsque ce dépôt a l'épaisseur voulue, on porte le filament à l'incandescence dans de l'hydrogène raréfié, ce qui transforme le charbon en carbure. Il suffit alors d'éliminer le carbone. Pour cela, on peut soumettre encore le filament à l'incandescence, durant vingt-quatre heures, dans le vide, ce qui volatilise le charbon. On peut aussi lui faire subir cette opération dans un mélange formé de vapeur d'eau et d'un gaz réducteur, ce qui transforme le carbone en oxyde de carbone et anhydride carbonique avec production d'hydrogène.

Dans les lampes à filaments de tungstène, le montage se fait aussi en série, à peu près avec le même dispositif que pour les lampes à filaments de tantale. Le ramollissement du fil est, là aussi, une des difficultés de montage et oblige à ancrer ce fil au moyen de crochets en substance réfractaire.

Les essais qui ont été faits de ces lampes ont donné des résultats très satisfaisants au point de vue de la durée et de la consommation. La durée normale est de huit cents heures et la consommation moyenne est de 1,1 watt à 1,2 watt par bougie, avec un maximum de 1,5 watt. Mais, ainsi que le fait remarquer M. Bainville, les difficultés de fabrication sont la pierre d'achoppement de l'exploitation industrielle de cette lampe, difficultés qui se traduisent par les divergences des courbes relatives à des lampes de fabrications différentes. Il y a là une question de mise au point, de la solution de laquelle dépendra le succès du filament de tungstène pour l'éclairage par incandescence.

III

C'est le Dr Auer von Welsbach, à qui l'on doit le manchon à incandescence par le gaz, qui a songé le premier à utiliser pour les lampes électriques des filaments d'osmium. Le point de fusion de ce métal, qui est de 2.200°, le fait rentrer, en effet, dans la catégorie de ceux qui peuvent supporter de hautes températures.

La société allemande *Gasglühlicht* de Berlin construit actuellement une lampe à filament d'osmium, dite *lampe Osram*, pouvant fonctionner à la fois sur courants continus et sur courants alternatifs et qui a donné lieu à des essais intéressants. Au Technicum de Charlottenburg, les lampes soumises aux essais étaient de 30 et 50 bougies Hefner et fonctionnaient sur des tensions de 100 et 130 volts. On a pu établir que ce qui caractérise surtout ces lampes, c'est la régularité de leur puissance lumineuse, dont la plus grande variation a été de 3 °/₀ pendant toute la durée des essais. La consommation a été reconnue également très régulière et d'environ 1 watt 1 par bougie. Des essais ont été faits également par le Musée industriel technologique de Vienne : des lampes à osmium y ont fonctionné mille sept cent soixante-seize heures, et la lumière n'a baissé que de 7 °/₀ en moyenne, la consommation passant de 1,03 watt à 1,10 watt par bougie. Cependant, il semble que, malgré les expériences faites au Technicum de Charlottenburg sur certains échantillons de ces lampes, et dont on ne peut contester l'exactitude, les lampes à osmium, telles qu'on les livre au commerce, ne fonctionnent bien que sous basses tensions et doivent être installées par trois en série, ce qui, malgré des qualités indiscutables, a beaucoup nui à leur succès.

IV

On fabrique également des lampes à filaments de zirconium qui semblent donner de très bons résultats. Le Bureau de contrôle des installations électriques a fait les essais de ces lampes, et, pour cela, il les a réparties en deux groupes principaux : celles qui fonctionnent sur courant continu et celles qui fonctionnent sur courant alternatif. Pour les unes

Digitized by Google

comme pour les autres, la consommation a été reconnue inférieure à 1 watt par bougie.

Des essais analogues, faits par MM. Hollefreund et Cie, de Berlin, et par le National Physical Laboratory, de Londres, ont confirmé ces résultats.

V

Parmi les nouveaux types de lampes à incandescence que l'on vient de lancer dans la consommation, il y a lieu de signaler enfin la lampe Hélion, qui, bien que contenant un filament non métallique, se rapproche des lampes à filaments métalliques par la soudure autogène qui la caractérise. Cette lampe, construite par MM. Parker et Clark dans leur laboratoire de l'Université de Columbia (États-Unis), a un filament composé en majeure partie de silicium, déposé avec d'autres substances en proportions bien définies sur un support en carbone. Le coefficient de température est négatif jusqu'au voisinage de 1.400°, puis, peu à peu, atteint des valeurs positives croissantes. La quantité de lumière émise grandit d'abord presque proportionnellement à la température développée jusqu'aux environs de 1.800°, puis elle conserve une valeur presque constante et définitive. La température du filament Hélion, sous la tension normale, est moins élevée que celle des lampes à filaments métalliques de même consommation. La dépense d'énergie n'est que de 1 watt environ par bougie, et la durée moyenne est de mille heures.

La lumière émise est blanche, et sa composition est très voisine de celle du spectre solaire.

VI

En résumé, il est facile de voir que les lampes à filaments métalliques et les nouvelles lampes qui peuvent leur être assimilées constituent un très grand progrès au point de vue de l'économie de la consommation, puisque la dépense qui, pour les filaments de carbone, est de 3 w. 3 environ par bougie, descend à 2 watts et même 1 watt par bougie. L'élévation du prix de la lampe est bien compensée par l'économie produite.

Considérons, en effet, une lampe à filament de carbone de 25 bougies et une lampe de même intensité à filament métallique, la première coûtant 0 fr. 60 et la seconde 3 fr. 25. Supposons que leurs consommations soient respectivement de 3 w. 3 et de 2 watts par bougie et leur durée commune de mille heures. Au prix de 7 centimes l'hecto-watt-heure, on arrive aux dépenses d'énergie suivantes :

Lampe à filament de carbone.

Consommation	80 watts.
Prix de l'énergie consommée par heure	5,6 cent.
Amortissement du prix de la lampe	0,06 —
Dépense horaire totale	5,66 cent.

Lampe à filament métallique.

Consommation	50 watts.
Prix de l'énergie consommée par heure	3,5 cent.
Amortissement du prix de la lampe	0,325 —
Dépense horaire totale	3,825 cent.

soit une économie de plus de 33 °/₀.

En admettant une consommation de 1 watt seulement par bougie, le prix de la lampe étant de 4 francs, on peut calculer que la dépense horaire totale, y compris l'amortissement du prix de la lampe, n'est plus que de 2 cent. 15, soit une économie de plus de 60 °/₀.

Evidemment, on éprouve encore quelques mécomptes, et la rupture trop fréquente des fils est un inconvénient qu'on n'a pu éviter pour les lampes qui semblent réaliser la plus grande économie de consommation. En admettant même que ces fils, une fois rompus, se soudent la plupart du temps d'une façon autogène, cette soudure n'est pas, en général, assez parfaite pour ne pas nuire à l'intensité lumineuse ou à la durée de la lampe. Il semble pourtant que, les procédés de fabrication allant en s'améliorant chaque jour davantage, ces mécomptes tendent de plus en plus à disparaître.

C'est ce qui explique la faveur avec laquelle ont été déjà accueillies par le consommateur certaines lampes à filaments métalliques, telles que les lampes à filaments de tantale, qui, tout en consommant beaucoup moins que les lampes à filament de carbone, n'ont pas une fragilité beaucoup plus grande et constituent ainsi une économie réelle.

On peut donc dire qu'il y a, de ce fait, un progrès indiscutable, ayant pour conséquence inévitable le développement de l'éclairage électrique. La propreté et l'hygiène des habitations ne pourront qu'y gagner.

G. de Lamarcodie,
Ancien élève de l'École Polytechnique,
Professeur à l'Ecole d'Electricité
et de Mécanique industrielles de Paris.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Daniels (M. Fr.). — **Essai de Géométrie sphérique en coordonnées projectives.** — *Collectanea Friburgensia.* 1 *vol. in-8° de* 275 *pages avec figures.* (*Prix* : 8 *fr.*) *Publications de l'Université de Fribourg*, 1908.

L'objet de cet intéressant Mémoire est l'étude analytique des figures sphériques, faite par les procédés du calcul vectoriel. M. Daniels détermine un point M de la sphère de centre O et de rayon unité par un multiple *positif* quelconque OP du vecteur unité $OM = r$, qu'il rapporte au trièdre de référence formé des trois vecteurs unités r_1, r_2, r_3, de sorte que les composantes de OP sont m_1r_1, m_2r_2, m_3r_3, m_1, m_2, m_3, étant les coordonnées cartésiennes de P par rapport au trièdre de référence. L'auteur prend alors, pour coordonnées projectives homogènes du point M, trois membres x_1, x_2, x_3, satisfaisant à la double proportion à rapports essentiellement positifs :

$$\frac{\mu_1 x_1}{m_1} = \frac{\mu_2 x_2}{m_2} = \frac{\mu_3 x_3}{m_3},$$

μ_1, μ_2, μ_3, étant trois constantes indépendantes du point M et dont le choix particularise le système de coordonnées employé; ces constantes sont les coordonnées cartésiennes du *point unité* pour lequel $x_1 = x_2 = x_3 = 1$.

D'autre part, toute *droite sphérique* (ou grand cercle) est définie par un de ses pôles P, déterminé par un vecteur I multiple positif de OP, et que l'on rapporte au trièdre de référence $I_1I_2I_3$ supplémentaire du précédent, de sorte que, si n_1, n_2, n_3 sont les mesures des composantes de I par rapport à ce trièdre, les coordonnées homogènes projectives de la droite sphérique seront des quantités y_1, y_2, y_3, définies par la double proportion à rapports positifs :

$$\frac{\nu_1 y_1}{n_1} = \frac{\nu_2 y_2}{n_2} = \frac{\nu_3 y_3}{n_3},$$

ν_1, ν_2, ν_3, étant trois constantes préalablement choisies. Ainsi, les points de la sphère sont rapportés au triangle sphérique de référence $A_1A_2A_3$ découpé par le trièdre $r_1r_2r_3$, et les droites sphériques sont rapportées au triangle polaire. En outre, afin de conserver au principe de dualité sur la surface sphérique son expression ordinaire, on convient d'établir entre les constantes μ et ν les relations fondamentales : $\mu_i\nu_i = \sin A_i$, où les A_i sont les angles du triangle de référence, grâce à quoi l'équation : $\Sigma x_i y_i = 0$ s'interprète à volonté comme équation ponctuelle de droite, ou tangentielle de point.

Ce double système de coordonnées ponctuelles et tangentielles avait déjà été signalé par M. Daniels dans différents Mémoires, notamment dans une étude publiée par *l'Enseignement mathématique* (n° 3, 1905). Il permet une solution élégante et simple des problèmes de Géométrie sphérique, souvent même plus simple que dans le cas du plan. D'ailleurs, M. Daniels déduit la Géométrie plane de la Géométrie sphérique, en considérant toute figure plane finie comme partie infiniment petite d'une sphère; de sorte que le plan est rapporté à un triangle ponctuel dont les côtés sont infiniment petits, mais dont les angles demeurent finis et déterminent le triangle polaire; du reste, une perspective faite du centre de la sphère permet aussi le passage au plan.

Comme nous l'avons dit, la méthode de calcul employée est la méthode vectorielle; un chapitre préliminaire en donne les principes élémentaires, indispensables à la lecture du livre, et qui se réduisent à la connaissance des propriétés des sommes géométriques et des produits scalaire et vectoriel; les notations employées sont celles de Heaviside.

M. Daniels applique la méthode, d'abord à la Trigonométrie sphérique, puis à la théorie des éléments linéaires et quadratiques sur la sphère. Il reprend dans l'ordre usuel les divers chapitres de la Géométrie analytique : distances, angles, forme linéaire appliquée aux alignements de points et aux concours de droites, rapport anharmonique, points et droites remarquables du triangle, forme quadratique binaire; puis il aborde les courbes du second ordre : d'abord le cercle, puis les coniques sphériques, dont il étudie les propriétés projectives, les foyers, les invariants et la classification. L'auteur obtient ainsi un ensemble homogène et très complet, riche en démonstrations et en résultats nouveaux, comme le faisait prévoir la préface, intéressant historique des procédés employés dans l'étude des figures sphériques.

L'ouvrage se termine par deux notes consacrées, l'une aux quadratures sphériques, l'autre à l'application de la méthode à la Cristallographie; cette dernière note, comme, du reste, tout l'ouvrage, est fort intéressante au point de vue de l'application du calcul vectoriel, encore peu employé en France, et dont l'usage se répand rapidement dans les autres pays.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

Laurent (H.), *Docteur ès sciences, Membre de l'Institut des Actuaires français, Répétiteur à l'Ecole polytechnique.* — **Statistique mathématique.** — 1 *vol. in-18° de* 300 *pages de l'Encyclopédie scientifique du Dr Toulouse.* (*Prix* : 5 *fr.*) *O. Doin, éditeur. Paris*, 1908.

M. Laurent devait avoir le pressentiment de sa fin soudaine, car ce livre contient le résumé de ses nombreux et toujours intéressants travaux actuariels ou économiques.

En fait, cet ouvrage traite moins de Statistique, telle qu'elle est comprise ordinairement, que de problèmes divers se rapportant à certaines parties mathématiques et principalement au Calcul des probabilités.

M. Laurent a surtout exprimé ses idées, et peut-être n'a-t-il pas atteint le but que se proposait l'éditeur de montrer l'état actuel de la Statistique mathématique : il faut donc souhaiter que la deuxième édition de cet ouvrage soit remaniée par un des statisticiens de l'admirable et laborieux Service de la Statistique générale de la France.

A. Barriol,
Actuaire-conseil,
Directeur de l'Institut des Finances et des Assurances.

Périssé (Lucien), *Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire de la Commission technique de l'Automobile-Club de France.* — **Traité général des Automobiles à pétrole.** — 1 *vol. in-8° de* 500 *pages, avec* 286 *figures, de l'Encyclopédie Industrielle Lechalas.* (*Prix* : 17 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Plus technique qu'un simple ouvrage de vulgarisation et moins qu'un traité spécial, le livre de M. Périssé permet « aux ingénieurs, aux techniciens et à tous ceux qui ont quelque notion de l'art de l'ingénieur de se mettre rapidement au courant des principaux éléments des calculs et de la fabrication des véhicules automobiles ».

Dans la première partie, un très important chapitre

Digitized by Google

est consacré à l'étude de la traction des véhicules : adhérence, résistance au roulement, influence de la suspension et des obstacles de la route, coefficient de traction, résistance de l'air, résistance au démarrage, tirage des voitures en alignement, en palier, en courbe, en rampe, dérapage, freinage, stabilité des voitures.

Les chapitres suivants sont respectivement consacrés au calcul de la puissance d'un moteur d'automobile, au plan d'étude d'un véhicule, aux poids des voitures, aux métaux spéciaux employés en construction automobile.

La deuxième partie débute par une étude théorique du moteur, se continue par des indications pratiques sur le mode de fabrication de ses diverses pièces et les dimensions caractéristiques de certains types de moteurs. Tout un chapitre est consacré à la carburation, un autre à l'allumage, un troisième au refroidissement.

Bien que s'appliquant à d'autres parties du mécanisme, le graissage, à cause de l'importance qu'il présente au point de vue du moteur, est étudié après ce dernier. Le freinage par le moteur et la mise en marche automatique terminent cette seconde partie.

La troisième partie étudie les mécanismes : embrayages, transmissions, changements de vitesse, essieu arrière et différentiel, arbre à la cardan, organes de manœuvres.

La quatrième partie traite du châssis proprement dit, des essieux, de la direction, de la suspension et des amortisseurs, des roues et bandages, du freinage, des châssis spéciaux (à six roues, démontables, avant-trains moteurs).

Dans la cinquième partie, sont décrits les essais : 1° des moteurs (au triple point de vue de la puissance maximum, de la consommation et de l'endurance) sur le banc d'essai, ou même sur la voiture, sans aucun démontage, grâce à un dispositif spécial de frein imaginé par le regretté Albert Hérisson; 2° des voitures automobiles à la jante, pour connaître le rendement des mécanismes de transmission. Un chapitre spécial est consacré à la description du Laboratoire de l'Automobile-Club de France, que dirige M. Georges Lumet.

Une dernière partie marque le schéma général d'un atelier de construction automobile.

Nul n'était mieux qualifié pour écrire cet ouvrage que M. Périssé, qui s'est, dès la première heure de l'automobilisme, voué à son étude. Pour faire œuvre durable, l'auteur s'est attaché à éloigner tout ce qui n'a pas été sanctionné par la pratique ou qui avait un caractère d'actualité ou de nouveauté destiné à se trouver modifié par les circonstances postérieures.

GÉRARD LAVERGNE,
Ingénieur civil des Mines.

2° Sciences physiques

Chappuis (J.), *Professeur de Physique générale à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures*, et **Berget** (A.), *Docteur ès sciences, Attaché au Laboratoire des Recherches physiques à la Sorbonne.* — **Leçons de Physique générale.** *2e édition. Tome I.* — *1 vol. grand in-8° de 669 pages avec 306 figures.* (*Prix* : 18 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Les nombreuses découvertes faites depuis quelques années dans le domaine des sciences physiques, la multiplicité des théories qui s'y rattachent et des applications qui en découlent rendent particulièrement difficile, à notre époque, la publication d'un traité un peu complet de Physique générale. Il faut savoir gré à ceux qui entreprennent un travail de ce genre de ne pas reculer devant les difficultés d'une pareille tâche.

MM. Chappuis et Berget ont pensé qu'entre les publications élémentaires destinées à l'enseignement secondaires et les ouvrages de niveau très élevé consacrés spécialement au développement complet de telle ou telle partie de la Physique, il y avait place pour un ouvrage destiné aux jeunes gens qui suivent les cours des Facultés ou des grandes écoles. Le travail énorme qu'ont à fournir ces jeunes gens dans le court espace de quelques années ne leur laisse pas le loisir de consulter les mémoires originaux pour en extraire les parties essentielles et acquérir des idées nettes sur les divers sujets qui y sont traités. Un ouvrage d'ensemble correspondant au niveau de leurs études ne pouvait donc manquer de leur rendre le plus grand service.

On comprend que, dans ces conditions, la première édition des « Leçons de Physique générale » publiées par MM. Chappuis et Berget en 1891-92 ait été rapidement épuisée.

Les auteurs, désireux de répondre à de nombreuses sollicitations, ont entrepris la publication d'une seconde édition. Mais un ouvrage de Physique vieillit vite de nos jours, et cette seconde édition devait nécessairement comporter des remaniements et compléments assez étendus. Ce travail a été fait, depuis quelques années déjà, pour le tome II (Electricité et Magnétisme), qui se rapportait à la partie de la Physique ayant subi les plus profonds changements.

C'est le tome I, consacré d'abord exclusivement aux instruments de mesure, à la capillarité et à la chaleur, que les auteurs nous présentent aujourd'hui, avec les modifications qu'ils y ont introduites. Ils n'avaient pas jugé à propos de faire figurer dans la première édition les chapitres relatifs à la pesanteur et à la statique des liquides et des gaz, sans doute à cause des développements assez étendus qui sont donnés à ces sujets dans l'enseignement des lycées. C'était, en réalité, une lacune regrettable : elle vient d'être comblée dans la nouvelle édition.

Les chapitres relatifs à la thermométrie, à la calorimétrie, à la thermodynamique, ont subi les développements et remaniements que comporte l'état actuel de ces questions.

Les méthodes de liquéfaction des gaz, qui commencent à sortir du domaine des laboratoires pour entrer dans celui de la grande industrie, méritaient d'être traitées en détail. On trouvera, dans le nouvel ouvrage, la description du procédé à la fois si simple et si élégant par lequel M. Claude obtient la séparation des éléments de l'air atmosphérique.

Signalons enfin les chapitres entièrement nouveaux relatifs à l'équilibre des corps en contact, à la règle des phases, à l'étude des dissolutions, etc. Nos connaissances sur ces diverses parties de la science ont marché à pas de géant dans ces dernières années, et leur importance, de jour en jour plus appréciée, imposait pour elles un exposé assez détaillé dans le nouvel ouvrage.

Grâce à ces importants remaniements, la deuxième édition du livre de MM. Chappuis et Berget ne pourra manquer de trouver, auprès de ceux auxquels elle s'adresse spécialement, le même succès que la précédente.

E. COLARDEAU,
Professeur de Physique au Collège Rollin.

Gérard (Eric), *Directeur de l'Institut Electrotechnique Montefiore, à Liége.* — **Mesures électriques.** *3e édition.* — *1 vol. gr. in-8° de 702 pages avec figures.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

La *Revue* a donné une analyse détaillée de cet important ouvrage à l'apparition de la première édition (n° du 30 décembre 1895, p. 1102). Le développement considérable de la science électrique dans ces dernières années a nécessité, dans cette nouvelle édition, un remaniement complet de la plupart des chapitres, où l'auteur a introduit les nouveautés importantes et coordonné les méthodes pour en faciliter le souvenir.

C'est ainsi que les étalons et les appareils de mesure électriques et photométriques ont été revus pour tenir compte des travaux nombreux dont ils ont fait l'objet dans ces dernières années. Le chapitre relatif au matériel des salles de recherches de précision, ainsi que des laboratoires industriels, a été mis à jour.

Digitized by Google

Les ampèremètres et voltmètres industriels ont été traités à part, avec les développements que comportent les instruments pour courants alternatifs et les particularités relatives aux étalonnages.

Dans les méthodes de mesure, signalons les dispositions nouvelles pour la vérification des résistances étalons, l'extension des propriétés du pont de Wheatstone aux courants variables et les combinaisons récentes pour la mesure des puissances. Aux progrès relatifs aux compteurs s'ajoutent les méthodes de tarage et les principaux règlements concernant ces appareils. Les méthodes de mesure des coefficients d'induction, de la perméabilité et de l'hystérésis ont fait l'objet de remaniements nombreux.

C'est la dernière partie de l'ouvrage, dans laquelle sont traitées les applications des mesures aux diverses branches de l'Electrotechnique, qui a reçu les extensions les plus sérieuses, tant sous forme de méthodes nouvelles d'expérimentation que de schémas d'installations. Dans les essais des câbles, on trouvera de nombreuses additions touchant à la rigidité des diélectriques, aux épreuves d'isolement et aux recherches de dérangements dans les réseaux. Le chapitre relatif aux générateurs et aux moteurs à courant continu a été développé spécialement en ce qui concerne les caractéristiques de fonctionnement, ainsi que les méthodes pour la séparation des pertes intérieures. En ce qui regarde les alternateurs et alternomoteurs, les méthodes d'enregistrement des courbes de ces appareils ont été revues, en même temps que des méthodes ont été indiquées pour analyser les harmoniques de ces courbes. La mesure des fréquences, le tracé des caractéristiques, la prédétermination de celles-ci et les méthodes de mesure du rendement ont fait l'objet de nouvelles études.

Un chapitre indépendant a été consacré aux moteurs asynchrones, afin de permettre l'examen détaillé des méthodes de mesure du glissement et des essais directs et indirects du rendement.

A la fin du volume ont été ajoutés, aux tableaux antérieurs, un examen comparatif des règlements d'essais électriques adoptés dans les divers pays, ainsi que l'énumération des défauts pouvant se produire aux machines, avec les indices accusant ces dérangements.

Sous sa forme actuelle, l'ouvrage constitue l'un des meilleurs que nous possédions sur le sujet, et il fournira certainement une longue et brillante carrière.

Vogel (Otto). — **Jahrbuch für das Eisenhuttenwesen** (*4e année*). — *1 vol. de 464 pages, grand in-8°. Komissionsverlag von A. Bagel, Düsseldorf.*

Tous les ans, nous avons à rendre compte de la publication de cet annuaire métallurgique et à constater les grands services qu'il rend à nos collègues de tous les pays.

On sait que cet ouvrage est édité sous les auspices de la Société des Maîtres de forge allemands, dont le siège est à Düsseldorf, et qu'il est considéré comme le complément indispensable du journal si connu et si apprécié de tous, le *Stahl und Eisen*. Devant l'impossibilité, pour ce journal, malgré le grand développement qu'il a pris, d'insérer dans ses colonnes toutes les questions de théorie et de pratique qui se rapportent aux si nombreuses industries où intervient le fer, on a eu l'idée de condenser tous les ans, en un seul volume, la revue complète de toute la littérature mondiale qui traite de ces questions. Le journal hebdomadaire *Stahl und Eisen* s'est réservé uniquement la publication des articles originaux et des travaux critiques de certains auteurs allemands ou étrangers.

Pour apprécier la haute valeur d'un tel ouvrage, il faut avoir eu l'occasion, au cours de sa carrière, de faire des recherches approfondies pour rassembler tous les documents existant sur tel ou tel sujet. On se rend compte alors de la difficulté du travail et de la grande simplification qui y sera apportée par la simple consultation de l'annuaire. L'auteur ne s'est pas borné à y faire, pour chaque article, de simples indications permettant de remonter aux sources; quand ils en valaient la peine, il les a commentés, analysés en quelques mots : quelquefois même il en a reproduit des extraits avec croquis pour retenir l'attention du lecteur et lui éviter de recourir à l'original. La lecture de ce livre, véritable travail de patience, devient indispensable, non seulement au théoricien, mais encore à l'usinier, se cantonnant sur le terrain pratique, qui y trouvera rapidement et avec détails tous les renseignements désirés.

Ce quatrième volume est plus développé que les précédents; le nombre d'indications d'origine, qui était de 1.800 dans le premier volume et de 2.000 dans le second, dépasse 2.600. On a fait appel, pour sa préparation, à 141 revues techniques ou publications, dont 48 allemandes et 93 étrangères.

A la suite de chaque article est disposée la liste de tous les brevets allemands ou étrangers pris sur la matière. Enfin, des index fort clairs, se rapportant soit aux questions traitées, soit aux auteurs cités, facilitent les recherches au lecteur. Il serait à désirer qu'un tel ouvrage fût publié en France.

EMILE DEMENGE,
Ingénieur métallurgiste.

3° Sciences naturelles

Haug (Emile), *Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **Traité de Géologie. I. Phénomènes géologiques.** — *1 vol. de 546 pages avec 195 figures et cartes, et 71 planches de reproductions photographiques hors texte.* (*Prix : 12 fr.*) *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1908.

Le *Traité de Géologie* de M. de Lapparent est devenu une encyclopédie géologique, véritable mine de renseignements dont six éditions constamment augmentées disent le succès persistant. Le *Traité de Géologie* de M. Haug sera rapidement le livre indispensable aux étudiants de nos établissements d'enseignement supérieur, qui y trouveront un tableau très complet de l'histoire du globe, et il rendra les plus grands services à tous ceux qui voudront connaître ce qu'on sait aujourd'hui du passé de notre planète.

Le premier volume, récemment paru, est consacré aux *phénomènes géologiques*; il est conçu sur un plan qui en fait une œuvre tout à fait originale et qui assure l'unité et l'enchaînement dans la description des phénomènes.

Pour le savant professeur de la Sorbonne, l'histoire du globe est celle des cycles successifs qui constituent chacune des périodes de cette histoire. Chaque cycle comprend trois phases : pendant la première, ou de *lithogénèse*, se forment les sédiments ; puis, l'*orogénèse* édifie les chaînes de montagnes avec les dépôts formés dans la phase précédente; enfin, la *glyptogénèse* ferme le cycle en préparant, par la destruction des reliefs, les matériaux de la sédimentation d'un cycle nouveau.

Dès lors, une étude générale des causes qui modifient sans cesse le globe terrestre peut et doit emprunter ses données aussi bien aux phénomènes passés qu'aux phénomènes actuels dont on les séparait généralement; il n'y a pas d'opposition de nature entre eux; les uns éclairent les autres; l'époque actuelle n'est qu'un stade dans un des cycles de l'évolution du globe.

L'auteur passe donc en revue tous les phénomènes susceptibles d'éclairer l'histoire de la Terre. Rien ne serait plus propre qu'une analyse complète de son ouvrage pour montrer la variété des connaissances que suppose une saine interprétation des faits géologiques. Nous nous contenterons d'appeler l'attention sur quelques-uns de ces chapitres.

Les premiers sont consacrées à la biologie continentale et marine; c'est un attachant résumé des idées les plus récentes sur les facteurs qui règlent la distribution des êtres organisés et leur répartition en provinces zoologiques et botaniques. Le même soin

Digitized by Google

d'un modernisme très critique se retrouve dans les chapitres sur la formation des sédiments, leur altération, le métamorphisme, la genèse des roches éruptives. Dans la partie réservée au volcanisme, M. Haug a pu profiter des notions récentes fournies par les observations de M. Lacroix à la Montagne-Pelée et au Vésuve.

Les travaux de l'auteur dans les régions les plus compliquées des Alpes et la part qu'il a prise à l'établissement et à la discussion des théories actuelles sur la formation des chaînes de montagnes lui donnaient une compétence toute particulière pour traiter le mécanisme des dislocations de l'écorce terrestre et leurs résultats. Enfin, le lecteur trouvera, dans un chapitre consacré aux géosynclinaux et aux aires continentales, un résumé de la thèse exposée par l'auteur en 1900 dans un travail fondamental sur les anciennes répartitions des terres et des mers. L'auteur nous montre déjà, dans la première partie du Traité, l'influence des anciennes masses continentales sur la distribution relative des terres et des mers, par suite du déplacement des lignes de rivage qui aboutissent aux transgressions et régressions. Les notions de Paléogéographie qui résultent de cette étude et la liaison des zones de plissement avec les géosynclinaux règleront l'histoire des périodes géologiques, qui fera l'objet de la deuxième partie.

Dans l'index bibliographique qui termine chaque chapitre, l'auteur a tenu plutôt à la qualité des ouvrages qu'à leur nombre, et il n'indique au lecteur que les sources principales auxquelles il doit puiser pour compléter les données exposées.

De nombreuses illustrations viennent encore augmenter l'intérêt de ce beau et bon livre. Les 71 planches hors texte renferment la reproduction de 137 photographies, parfaitement exécutées, dont la plupart sont inédites, et dont la vue seule est déjà un enseignement.

Ce livre se recommande donc aussi bien par la forme que par le fond; l'éditeur doit être loué d'avoir si bien secondé l'auteur dans la confection d'un ouvrage parfait, dont le succès s'est affirmé dès le premier jour.

A. Bigot,
Doyen de la Faculté des Sciences de Caen.

Charpy (A.), *Professeur d'Anatomie à la Faculté de Médecine de Toulouse*, et **Jammes** (L.), *Professeur adjoint à l'Université de Toulouse*. — **Guide anatomique aux Musées de sculpture.** — 1 *vol. de* 110 *pages avec figures.* (*Prix* : 2 *fr.*) *Masson, éditeur. Paris*, 1908.

Au début de l'année dernière, nous avons attiré l'attention sur une importante innovation dans les études d'anatomie. (*Une Révolution anatomique.* Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, nos 1 et 2, 1907.)

Il s'agit, en effet, d'une véritable révolution dans l'enseignement anatomique, puisqu'au lieu de se limiter aux seules données de la dissection du cadavre, on commence à utiliser avec fruit une autre source de renseignements, non moins utile pour la connaissance du corps humain : ceux que fournit l'examen méthodique du nu; autrement dit, on étudie désormais l'*anatomie du vivant*.

Les médecins et les artistes, les médecins surtout, doivent certainement connaître, et très bien connaître, l'anatomie descriptive; mais l'anatomie des formes vivantes, l'anatomie du nu, indispensable aux artistes, n'est pas moins nécessaire aux médecins, appelés, dans leur pratique, à examiner, non pas seulement des cadavres, mais surtout des vivants.

A ce propos, nous avons rappelé les importants travaux de M. le Dr Paul Richer, professeur à l'École des Beaux-Arts, son grand atlas d'*Anatomie artistique* et son plus récent ouvrage intitulé *Nouvelle Anatomie artistique*, destiné à présenter aux artistes, sous une forme simple, claire et aussi complète que possible, les notions indispensables de l'anatomie des formes.

L'étude du nu semble conquérir chaque jour de nouveaux adeptes. Le grand public lui-même serait désireux d'acquérir des notions précises à ce sujet. Telle est, du moins, l'opinion de MM. Charpy et Jammes, qui viennent de publier récemment un *Guide anatomique aux Musées de sculpture*. Cet ouvrage pourra, selon son but, rendre des services aux érudits, aux archéologues, aux critiques d'art et aux amateurs, appelés à juger de l'exactitude d'une figuration humaine.

C'est un livre facilement accessible à tous, dont on peut seulement regretter la concision.

On y trouve d'abord des notions générales sur les éléments constitutifs du corps : peau, graisse, muscles, os, et sur leur rôle dans la forme extérieure.

Une étude sommaire du squelette suffit pour donner une idée de la charpente du corps humain. Puis, les différentes parties du corps sont passées en revue par régions, ces régions étant envisagées à un point de vue artistique, et non pas chirurgical. Dans chaque région, telle ou telle partie fait l'objet de remarques où les notions d'anatomie s'allient aux notions d'esthétique : la tête, le cou, la poitrine, le torse et les membres.

Les principales différences morphologiques entre l'homme et la femme sont également indiquées, ainsi que les différences des proportions suivant l'âge.

On trouve, enfin, quelques notions sur l'attitude et l'expression dans l'art sculptural.

Il y a des figures suffisamment parlantes; mais comme il eût été intéressant de les rapprocher de photographies d'œuvres d'art!

Avec beaucoup de justesse, les auteurs concluent dans leur préface : « Qu'on ne s'imagine pas que, quand on connaîtrait à fond l'anatomie, on pourrait porter un jugement définitif sur une figure esthétique. Il est d'autres éléments d'appréciation : la conception du sujet, la composition des ensembles, l'expression de vie et de beauté; et même, avec toutes ces connaissances, le spectateur ne sait rien, s'il ne possède le goût, de même qu'avec elles l'artiste ne peut rien, s'il n'a reçu le don. »

Oui. Car, si le *beau* gagne à s'allier au *vrai*, le *vrai* ne suffit pas pour atteindre au *beau*.

Et, en esthétique surtout :

Le vrai peut quelquefois n'être pas vraisemblable.

Dr Henry Meige.

4° Sciences médicales

Beni-Barde (Dr). — **La Neurasthénie. Les vrais et les faux neurasthéniques. Silhouettes de névropathes.** — 1 *vol. in-8° de* 435-LXV *pages.* (*Prix* : 8 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

Le livre que vient de publier M. Beni-Barde, en raison de la méthode descriptive adoptée par l'auteur, et surtout grâce à la vivacité de sa plume, nous fait assister à un défilé bien vivant de névropathes, avec le cortège étrange et infiniment varié de leurs fantaisies, de leurs incohérences, de leurs tristesses et de leurs misères.

Dans sa longue carrière, M. Beni-Barde a vu, examiné, interrogé un grand nombre de neurasthéniques, qui venaient demander à la thérapeutique, en particulier à l'hydrothérapie, le soulagement, la guérison même de leurs maux. Parmi tant de malades, il a retenu seulement les plus intéressants, et de chacun d'eux il donne une bonne esquisse; il dit sur chacun de ces cas typiques ce qu'il faut en dire; une demi-page, quelques lignes seulement, suffisent pour faire entrevoir le caractère d'un neurasthénique et les caractères de sa neurasthénie. Ces silhouettes sont vraiment parlantes.

Pour coordonner les enseignements tirés de cette étude clinique de plus de 150 portraits de neurasthéniques, l'auteur a simplement groupé ses observations en plusieurs catégories, qu'il fait précéder de remarques didactiques appropriées à chaque variété étiologique.

Il ne manquait pas d'ouvrages pour faire connaître la neurasthénie. Mais le livre du Dr Beni-Barde fait mieux connaître les neurasthéniques.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Mars 1908.

La Section d'Astronomie présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. Janssen : 1° MM. **H. Andoyer** et **M. Hamy**; 2° **M. P. Puiseux.** — L'Académie présente à M. le Ministre de l'Instruction publique la liste suivante de candidats pour le poste de Directeur de l'Observatoire de Toulouse : 1° **M. E. Cosserat**; 2° **M. L. Fabry.**

1° Sciences mathématiques. — **M. A. Buhl** présente ses recherches sur de nouvelles séries de polynomes, dits tayloriens, représentant une fonction uniforme dans tout le champ complexe sous certaines restrictions ne diminuant pas leur valeur pratique. — **M. A. Korn** indique une solution générale du problème d'équilibre dans la théorie de l'élasticité, dans le cas où les efforts sont donnés à la surface. — **M. E.-H. Amagat** arrive par une méthode simple à un résultat déjà trouvé par M. Duhem : c'est que pour tout cycle fermé réversible ou non, mais ne comportant ni frottements ni viscosités, l'intégrale de Clausius est nulle. — **M. G.-A. Tikhoff** décrit une méthode pour la détermination de la dispersion de la lumière dans les espaces célestes, basée sur l'observation photographique de l'éclat des étoiles variables à travers des filtres sélecteurs à la gélatine colorée. Pour les étoiles β Cocher, κT Persée et W Grande Ourse, les rayons de longueur d'onde plus grande sont en avance sur ceux de longueur d'onde plus courte, résultats conformes à ceux de M. Nordmann. — **M. P. Lowell** : Sur la présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de Mars (voir p. 214). — **M. J. Violle** présente, au nom d'une Commission, un Rapport sur la nécessité de l'application exacte du système métrique décimal à toutes nos monnaies. La pièce actuelle de 0 fr. 25 a été émise en désaccord avec les règles de ce système; c'est la pièce de 2 décimes ou 0 fr. 20 qui aurait dû être fabriquée. L'Académie approuve les conclusions de ce Rapport.

2° Sciences physiques. — **M. P. Vaillant** a reconnu expérimentalement que la valeur de la constante B de l'équation $Q = B(F-f)$, qui donne la quantité d'eau évaporée dans un temps donné en fonction de la chute de tension, est indépendante de la concentration et reste la même pour toutes les solutions aqueuses. — **M. Th. Guilloz** déduit des recherches de Noyes et Sammet que, contrairement à l'opinion de M. Doumer, les perturbations dues au dégagement d'O dans l'électrolyse de HCl n'influent en aucune façon sur l'exactitude des nombres de transport. — **M. V. Auger** a reconnu que l'hydrate $(As\,O^4H^3)^2H^2O$ perd de l'eau à partir de— 10°; cette perte s'arrête, vers 12°, à la formation de l'hydrate $As^2O^{10}H^5$ (ou $As^2O^7H^4.AsO^3H$), qui persiste jusqu'à 148° environ.

3° Sciences naturelles. — **M. R. Liebreich** estime que l'asymétrie de la figure est une conséquence, un accompagnement nécessaire de la position verticale de l'espèce humaine, et devient pour elle un des signes distinctifs. — **M. H. Guilleminot** a déterminé par le procédé fluorométrique la quantité de rayons X absorbée et transmise par les couches successives des tissus. Le premier centimètre du foie laisse passer 58 °/₀ des rayons, celui de la rate de 48 à 56 °/₀, celui du poumon 82 °/₀. — **M. H. Judet** est parvenu à réparer anatomiquement et physiologiquement une perte de substance : du cartilage du genou d'un chien par un fragment de la trachée d'un chat, du cartilage articulaire du chien par une lame de cartilage costal du même. — **MM. S. Arloing** et **L. Thévenot** montrent que l'infection purement bacillaire réalise le type véritable de l'infection tuberculeuse latente, se traduisant par de simples altérations microscopiques et pouvant s'évanouir sans provoquer de lésions. — **M. J. de Lapparent** a étudié les pseudomorphoses des microclines dans les microgranites de la vallée de la Meuse; le microcline s'est transformé soit en albite, soit en muscovite, soit en biotite, avec tous les passages possibles de l'une à l'autre. — **M. Deprat** a déterminé les paramètres magmatiques des séries volcaniques de l'Anglona et du Logoduro (Sardaigne).

Séance du 23 Mars.

M. M. Hamy est élu membre de la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Raffy** présente ses recherches sur l'application et les modes divers de représentation des surfaces à lignes de courbure confondues. — **M. S. Zaremba** étudie l'application d'un procédé alterné au problème biharmonique. — **M. J. Boussinesoq** donne une théorie de l'écoulement sur un déversoir vertical en mince paroi et sans contraction latérale; il envisage le cas de la nappe ondulée et son raccordement au cas de la nappe plongeante. — **M. C. Stoermer** présente quelques remarques complémentaires sur les équations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrisé dans un champ magnétique. — **M. P. Amans** démontre que les palettes animales ou zooptères sont plus efficaces que les palettes rigides basées sur l'hélice géométrique; il indique une formule empirique qui donne une valeur approchée de la traction en se servant uniquement d'un anémomètre placé en arrière de l'hélice. — **M. J. Baillaud** décrit une méthode qui lui a permis de déterminer, à l'Observatoire de Paris, les erreurs systématiques des reproductions des réseaux de la carte du ciel. — **MM. C. Féry** et **G. Millochau** ont constaté que la courbe représentative du rayonnement solaire suivant un diamètre est très voisine d'une ellipse. Ils ont obtenu une nouvelle valeur de la température du Soleil, égale à 5.351°.

2° Sciences physiques. — **M. G. Gouy** montre que les forces non électriques φ qui peuvent s'exercer à petite distance, lorsqu'un métal est plongé dans un électrolyte, entre le métal et les ions et les molécules du corps dissous, donnent la clef des phénomènes électro-capillaires. En particulier, quand ces forces s'exercent sur les molécules d'un corps neutre, elles provoquent une accumulation de celles-ci à la surface du mercure, qui produit l'abaissement de la tension superficielle. — **M. M. de Broglie** a constaté que le gaz produit en admettant dans un brûleur de l'air provenant d'étincelles condensées renferme : 1° des ions de faible mobilité; 2° des centres neutres; 3° des poussières ténues visibles dans le faisceau d'un arc. — **MM. J. Becquerel** et **H. K. Onnes** ont étudié les spectres d'absorption des cristaux de terres rares aux environs de —259°. Aux basses températures, chaque bande passe par un maximum d'absorption à une certaine température. Dans le champ magnétique, on observe une dissymétrie d'intensité entre les composantes correspondant aux deux vibrations circulaires. — **M. Marage** décrit un appareil qui permet de photographier, développer et fixer instantanément les vibrations qu'une membrane mince de caoutchouc, devant laquelle on parle ou chante, transmet à un petit miroir plan qui suit tous ses mouvements. — **M. A. Dufour** a constaté que le spectre de l'hydrogène est formé de raies qui donnent les trois types d'effet

Digitized by Google

Zeeman longitudinal observés dans les bandes obéissant à des lois simples: pas d'action du champ sur la raie, phénomène de Zeeman ordinaire et phénomène de Zeeman anormal. — M. **F. Bordas** décrit un dispositif pour la recherche de faibles quantités d'hélium occlus dans les minéraux. On place le corps dans le vide, puis on fait passer les gaz dégagés dans un tube de Plucker et on examine au spectroscope. — M. **H. Cousin**, par l'action du chlore sur le dithymol, a obtenu un dichlorodithymol, F. 152°-153°, une dichlorodithymoquinone, F. 130°-132°, et un dichlorure de dichlorodithymoquinone, F. 176°-178°. — MM. **A. Wahl** et **A. Mayer** ont constaté que la phénylisoxazolone se condense facilement avec les aldéhydes aromatiques pour donner des dérivés tels que la benzylidène-phénylisoxazolone, $C^6H^5AzO^2:CH.C^6H^5$. — M. **G. Gustavson**, en saturant d'HCl le benzène additionné d'$AlCl^3$ finement pulvérisé et agitant, a vu se former au bout de plusieurs semaines une couche liquide brun-foncé dont le principal constituant est le 1-méthyl-3-phénylcyclopentane. — M. **V. Thomas**, en faisant réagir les cétones grasses et aromatiques sur l'iodure de thiophène-magnésium, a obtenu les alcools tertiaires correspondants et les carbures qu'ils donnent par déshydratation. — M. **A. Trillat** a reconnu que l'aldéhyde acétique n'est pas un produit normal de la fermentation alcoolique; elle provient d'une oxydation ultérieure de l'alcool éthylique en présence de l'air.

3° Sciences naturelles. — M. **R. Jeannel** a découvert, dans la grotte du Portel (Ariège), une série de peintures paléolithiques, en noir et en rouge, représentant l'homme et divers animaux: chevaux, bisons, rennes. — M. **A. Guillemin** montre que, dans le mouvement qu'on effectue en se soulevant sur la pointe du pied, le travail demandé au muscle est quadruple du travail utile; les conditions d'utilisation du moteur sont donc très imparfaites. — MM. **F. Jadin** et **V. Boucher** ont constaté que, dans la tige des *Moringa*, en dehors des éléments lignifiés et subérifiés, les parois cellulaires manifestent presque toutes le premier stade de la gommose. — M. **G. Lapie** a reconnu que, dans la région orientale du Djurdjura, ce sont les sommets de la moyenne montagne qui offrent à la végétation le maximum d'humidité; partout les grès atténuent le caractère xérophile de la végétation. — M. **Ph. Glangeaud** montre que la Limagne est la région du Massif Central où l'activité volcanique est la plus ancienne et où elle a persisté le plus longtemps, puisqu'elle existe encore sous forme de mofettes, de sources thermales et de venues bitumineuses.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 Mars 1908.

L'Académie procède à l'élection de deux Correspondants nationaux dans la Division de Chirurgie. M. **Lagrange** (de Bordeaux) et M. **Cl. Martin** (de Lyon) sont élus.

M. **A. Prenant** lit un mémoire sur les caractères structuraux et l'origine des ostéoclastes. — M. le Dr **Brault** donne lecture d'un travail sur les variations de la glycosurie dans les cancers du pancréas. — M. le Dr **Nicolas** lit un mémoire sur la polyspermie physiologique chez les Vertébrés. — M. le Dr **Coudray** donne lecture d'un travail intitulé : Contribution à l'étude de l'ostéomyélite aiguë non suppurative.

Séance du 24 Mars 1908.

M. le Président annonce le décès de M. **J. de Mierzejewsky**, Correspondant étranger. — L'Académie procède à l'élection de deux Correspondants nationaux dans la Division de Médecine. MM. **Lemaistre** (de Limoges) et **Baumel** (de Montpellier) sont élus.

M. **E. Vidal** présente quelques réflexions sur un projet de revision de la Loi Roussel qui doit être présenté au Parlement, et demande à l'Académie d'user de son influence pour empêcher que, sous prétexte d'une revision parfaitement inutile, on s'expose à dénaturer l'œuvre géniale de Roussel.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 Mars 1908.

MM. **J. Sabrazès** et **E. Leuret** ont constaté que le nouveau-né ictérique a trois fois plus d'hématies granuleuses que le nouveau-né normal; ces hématies granuleuses ne sont rien autre que les hématies polychromatophiles du sang fixé par l'alcool et coloré par les bleus basiques. — MM. **J. Teissier** et **L. Thévenot** ont reconnu que l'action athéromatogène de l'adrénaline est indépendante de son action hypertensive. — MM. **H. Roger** et **M. Garnier** montrent que les extraits obtenus avec les parois du tube digestif sont tous toxiques, mais ils le sont à des degrés divers : le cæcum et l'estomac sont le moins toxiques, puis viennent le côlon, le duodénum, l'iléon et l'appendice. — M. **E. Fauré-Frémiet** a reconnu que l'Infusoire oligotriche décrit récemment comme nouveau par P. Enriques n'est qu'une variété d'une espèce déjà connue, le *Strobilidium gyrans*. — M. **E. P. Fortin** a réalisé la vision entoptique des cercles de la mosaïque fovéale. — MM. **Edm. Lesné** et **L. Dreyfus** montrent que la tension toxique (dose à laquelle un poison introduit dans l'organisme peut intoxiquer les cellules vivantes) pour l'abrine, chez la grenouille, est fonction de la température dans la proportion de 1 à 200. — M. **E. Wertheimer** a observé que le suc pancréatique sécrété sous l'influence de la pilocarpine peut agir très différemment sur le lait : ou bien il reste sans action, ou bien il le coagule, ou bien encore il l'éclaircit. — M. **G. Weiss** a constaté que les échanges gazeux de la grenouille augmentent à mesure que la température s'élève; mais l'exhalaison d'acide carbonique croît dans une proportion plus grande que l'absorption d'oxygène. — MM. **Ch. Aubertin** et **A. Delamarre** ont reconnu que le radium produit des modifications sanguines presque identiques à celles des rayons X : leucocytose passagère, leucopénie persistante. — MM. **M. Loeper** et **Ch. Esmonet** montrent que la perméabilité de l'intestin altéré est plus considérable à l'égard des ferments pancréatiques que celle de l'intestin normal. — MM. **L. Massol** et **J. Minet** ont observé que le rectum absorbe très puissamment les substances cristalloïdes médicamenteuses. — M. **M. Nicloux** décrit un procédé eudiométrique pour le dosage du protoxyde d'azote pur, mélangé à l'air ou à l'oxygène, ou dans le sang, en utilisant la réaction $Az^2O + H^2 = Az^2 + H^2O$. — M. **L. Blaizot** poursuit l'étude de l'épithélium utérin chez l'*Acanthises vulgaris* à partir de la première gestation.

Séance du 21 Mars 1908.

MM. **M. A. Guilliermond** et **J. Beauverie** montrent que, d'après l'ensemble de leurs réactions micro-chimiques, les globoïdes des grains d'aleurone renferment, outre les sels organiques que l'on connaît, une substance azotée voisine de la volutine. — M. **H. Zangger** présente un appareil nouveau pour mesurer la viscosité du sang. — M. **Ed. Retterer** a reconnu que le tissu osseux des Vertébrés est composé de cellules, de volume bien différent et plus ou moins espacées, et d'une substance intercellulaire ou fondamentale, partout composée d'une trame et d'une masse amorphe. — MM. **Ed. Lesné** et **L. Dreyfus** ont constaté, pour la toxine tétanique, que des doses non mortelles chez les animaux normaux deviennent mortelles pour les animaux mis à l'étuve. — M. **G. Seillière** confirme la présence du sucre dans le sang de l'escargot ayant mangé. — M. **G. Weiss** a observé qu'en plaçant des grenouilles dans l'hydrogène, la quantité de CO^2 qu'elles éliminent est pratiquement la même que dans l'air; au moment où elles reviennent à l'air, il se produit une augmentation de CO^2, d'autant plus considérable que le séjour dans H a été plus prolongé. — M. **A. Gau-**

Digitized by Google

ducheau a constaté la formation de corps spirillaires dans une culture d'amibe isolée des fèces dysentériques et de l'eau des mares à Hanoï. — MM. **M. Nonnotte** et **R. Demanche** montrent que la réaction de l'indol est un excellent procédé pour différencier le coli-bacille du bacille d'Eberth, ce dernier ne donnant jamais la moindre trace d'indol. — MM. **F. Widal, P. Abrami** et **M. Brulé** mettent en évidence l'existence d'au moins deux types d'hématies granuleuses: celles de l'ictère hémolytique et celles de l'anémie et du saturnisme. — M. **J. Kunstler** a capturé dans le golfe de Gascogne un spécimen de Rouvet précieux, qui vit abondamment dans les eaux des îles Canaries. — MM. **A. Marie** et **M. Tiffeneau** rapprochent des phénomènes d'anaphylaxie les réactions observées chez les mammifères tuberculeux à la suite d'une injection de tuberculine. — M. **M. Nicloux** a reconnu que les quantités de protoxyde dans 100 gr. de sang veineux sont de 40 mgr. au seuil de l'anesthésie, 50 mgr. au moment de l'anesthésie déclarée et 60 mgr. au moment de la mort. — M. **E. Pozerski** a constaté que le suc de sécrétine, qui ne possède aucun pouvoir protéolytique, ne renferme pas de Ca en quantité dosable par la méthode de Grimmé; le suc de pilocarpine actif, au contraire, est toujours plus ou moins riche en calcium.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 18 Février 1908.

M. **R. Collin** montre qu'à l'état normal, chez le cobaye, le volume de l'appareil nucléolaire de la cellule nerveuse somatochrome est très variable; il en résulte que le noyau joue certainement un rôle important dans le métabolisme de la cellule nerveuse. — M. **Th. Guilloz** présente divers appareils : indicateur lumineux du degré de pression d'un gaz, indicateur lumineux de la vitesse d'un courant gazeux, ampèremètre lumineux pour l'étude des courants à haute fréquence. — M. **M. Lucien** a observé dans l'athrepsie une sclérose plus ou moins étendue des capsules surrénales, prédominant au niveau de la couche réticulée. Par contre, les lésions rénales ne présentent aucun caractère de spécificité. — MM. **M. Lucien** et **J. Parisot** ont reconnu que l'athérome expérimental provoqué chez le lapin est identique, dans son essence même, à l'athérome spontané du lièvre.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 5 Mars 1908.

M. **V. Babes** décrit, sous le nom de sous-péricardite, un état particulier du cœur, assez fréquent, caractérisé par l'inflammation et la dégénérescence des parties profondes du péricarde et des couches les plus superficielles du myocarde. — MM. **G. Marinesco** et **J. Minea** décrivent les changements morphologiques des cellules des ganglions spinaux dans le mal de Pott. — M. **D. Mezincescu** a observé sur deux rats du port une affection tout à fait semblable à la lèpre humaine; les bacilles acido-résistants recueillis sur les ulcérations sont rebelles à toute culture. — M. **Th. Mironesco** a constaté chez deux pellagreux une atrophie complète des glandes parathyroïdes externes. — M. **G. Stanculeanu** a reconnu que des personnes ayant une acuité visuelle très défectueuse peuvent distinguer des signaux colorés à plus de 200 mètres. — MM. **C. Starcovici** et **I. Calinesco** ont obtenu des résultats absolument infructueux dans la vaccination contre la fièvre aphteuse au moyen du horse-pox ou du cow-pox. Seule, la vaccination par un mélange de cow-pox, sérum physiologique et lymphe aphteuse confère une légère immunité.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 10 Mars 1908.

MM. **J. Gautrelet** et **P. Lande** ont constaté que le temps de réduction de l'oxyhémoglobine après la mort est variable suivant le genre de mort. Il paraît le plus rapide dans l'asphyxie. — MM. **L. Gentes** et **Mairet** ont reconnu que le muscle présternal est le segment moyen ou thoracique anormalement réapparu d'un muscle qui irait de la partie inférieure du tronc à la région occipito-mastoïdienne. — M. **J. Feytaud** a étudié la structure du ventricule chylifique des Termites. — M. **Ch. Pérez** a trouvé le *Stichostemma Eilhardi*, Némerte d'eau douce, dans le bassin de l'Institut de Zoologie de Bordeaux. Presque tous les individus sont femelles, très peu hermaphrodites. — Le même auteur a constaté que le cœur des larves des Muscides est complètement enveloppé par un réseau élastique, dont la substance a une grande affinité pour les colorants nucléaires. — MM. **J. Bergonié** et **L. Tribondeau** n'ont pu arriver à produire, par l'action des rayons X, la dissociation des fonctions reproductrice et vitale de l'ovule chez la lapine.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 17 Mars 1908.

M. **C. Gerber** montre que la différence d'action des présures aux températures basses et élevées n'est pas due à l'existence, dans le lait, d'un anticorps détruisant le ferment. — Le même auteur a constaté qu'à toute température le lait bouilli est plus rapidement coagulé que le lait cru par le suc présurant des Renonculacées. — MM. **Alezais** et **J. Cotte** ont observé chez un canard une tumeur du médiastin à tissus multiples, comprenant des cellules épithéliales et un stroma conjonctif à éléments variés. — M. **J. Cotte** présente quelques observations de morphologie expérimentale faites sur des Spongiaires.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

SECTION DE NANCY

Séance du 18 Mars 1908.

MM. **E.-E. Blaise** et **A. Koehler** communiquent les premiers résultats de leurs recherches sur les dicétones et les acides cétoniques ε et ς. On les prépare facilement par action des dérivés organométalliques mixtes du zinc sur les dichlorures et les chlorures-éthers des acides adipique et pimélique. Les rendements varient de 75 à 95 °/₀. La réduction des dicétones donne les glycols correspondants et, en même temps, des pinacones cycliques. La réduction des acides ε-cétoniques fournit les acides-alcools correspondants; stables dans les conditions ordinaires, ils sont lactonisés par action de l'acide sulfurique. Sous l'influence de la potasse, les dicétones ε se cyclisent très facilement en donnant des alcoyl-acidyl-cyclopentènes; mais la cyclisation des dicétones ς semble, au contraire, présenter des difficultés assez grandes. Quant aux éthers ε-cétoniques, ils se cyclisent presque quantitativement par l'action de l'éthylate de sodium en donnant des acidylcyclopentanones. Celles-ci étant β-dicétoniques sont alcoylables, et par ouverture de la chaîne on obtient des acides ε-cétoniques δ-alcoylés. — MM. **E.-E. Blaise** et **I. Herman**, poursuivant leurs recherches sur les cétones-alcools β-αα-dialcoylées, ont réussi à réaliser la synthèse de la méthovinylisopropylcétone, identique à celle qui se forme par action de KOH sur l'oxypseudobutyléthylcétone; cette dernière réaction s'accompagne donc d'une transposition. En outre, elle donne naissance à une cétone-alcool, isomère de la cétone-alcool primitive, fournissant de la méthovinylpropylcétone par déshydratation et qui, selon toute vraisemblance, doit répondre à la constitution $(CH^3)^2C(OH).CO.CH(CH^3)^2$. — M. **J. Minguin** a déterminé l'activité optique d'un certain nombre de camphocarbonates d'amines de la série grasse et de la série aromatique. Il montre à nouveau que, *dans une même série homologue jouissant du pouvoir rotatoire, la même fraction du poids moléculaire de chacun des termes donne une déviation*

Digitized by Google

constante au polarimètre. Le pouvoir rotatoire est capable de déceler l'hydrolyse des corps actifs en dissolution. L'auteur conclut que les camphocarbonates d'amines de la série grasse ne sont dissociés ni dans l'eau ni dans l'alcool; que les camphocarbonates de la série aromatique sont totalement dissociés dans un grand nombre de dissolvants (alcool, éther, benzène, toluène). — **MM. A. Guyot** et **G. Marotte** montrent que la réaction de condensation entre la diméthylaniline et l'oxalate d'éthyle en milieu éthéré et en présence d'$AlCl^3$ est susceptible d'être généralisée, en substituant à l'oxalate d'éthyle, les oxalates de méthyle, de propyle, d'isobutyle, d'amyle et de phényle. Dans tous les cas, les *éthers glyoxyliques* ont été obtenus. Les *éthers glycoliques*, moins accessibles que les précédents, ont été obtenus dans les cas de condensation entre la diméthylaniline et les oxalates de propyle, de butyle et d'amyle. Les éthers *amido-acétiques* correspondants ont été également préparés dans les cas de condensation entre la diméthylaniline et les oxalates de propyle et de butyle. D'une façon générale, le rendement croît dans chaque cas avec le poids moléculaire de l'éther oxalique utilisé. Les auteurs ont également substitué la diéthylaniline et la diphénylamine à la diméthylaniline et les ont condensées avec l'oxalate d'éthyle. — **MM. P. Th. Muller** et **M. Brot** se sont servis de la pile à oxyde de mercure pour la détermination de l'hydrolyse des solutions étendues d'aluminate et de zincate de sodium, le tout en milieu de nitrate de potassium normal. L'hydrolyse est pratiquement totale pour les zincates mono et disodiques quand la dilution dépasse $0^m,01$ par litre. L'aluminate présente une allure plus complexe; l'aluminate trisodique commence par s'hydrolyser avec formation d'alumine colloïdale, qui reprend peu à peu une partie de la soude mise en liberté, de sorte que l'hydrolyse paraît moindre. La méthode électrométrique confirme ainsi les résultats acquis à l'aide d'autres procédés physico-chimiques et les auteurs comptent l'employer à la mesure de l'hydrolyse de diverses substances.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 5 Décembre 1907 (suite).

M. C. S. Sherrington : *Sur l'innervation réciproque des muscles antagonistes* IX. L'auteur a montré précédemment que, dans le « réflexe de flexion » des membres, l'inhibition réflexe des muscles extenseurs est fréquemment suivie d'une contraction de ceux-ci. Cette contraction suit immédiatement la cessation du stimulus inhibitoire et est souvent plus accentuée que ne l'était la contraction empêchée à l'origine. Ce phénomène a été attribué à un contre-coup dans la partie centrale de l'arc nerveux inhibé et a été désigné sous le nom d' « induction successive ». La présence de cette induction successive rend probable le fait que, dans des conditions favorables, le réflexe évoqué dans un membre par un stimulus simple doit être diphasique, avec une première phase de flexion, suivie d'une phase d'extension. L'auteur montre que c'est, en effet, le cas, et d'une façon régulière dans des circonstances appropriées. — **MM. F. W. Mott** et **W. D. Halliburton** : *La localisation des fonctions dans le cerveau du Lémur.* 1° Le cerveau du Lémur possède des circonvolutions simples; les fissures sont peu nombreuses et pour la plupart peu profondes; 2° Les surfaces motrices sont limitées à la région centrale du cortex et l'auteur donne le détail des localisations trouvées par la méthode de stimulation; 3° L'extirpation des surfaces excitables est suivie de la paralysie transitoire des régions correspondantes sur le côté opposé du corps et par la dégénération des trajets qui passent à la matière bulbaire ou à la matière grise spinale, qui contrôlent ces mouvements. La dégénération se produit aussi dans les trajets commissuraux (calleux) et dans les trajets d'association du cerveau; 4° Les surfaces motrices sont caractérisées histologiquement par la présence des cellules de Betz. La localisation par une étude histologique est donc possible, et il est facile de constater l'étroite relation qui existe entre les résultats ainsi obtenus et ceux auxquels on arrive expérimentalement; 5° Il y a, cependant, deux types de cortex moteur dans le cerveau du Lémur. On trouve le grand type de cellule de Betz dans la plus grande partie du cortex moteur, particulièrement là où les mouvements des membres et du corps sont représentés. On trouve un type plus petit de cellule de Betz dans la surface qui gouverne les mouvements du visage, de la langue, de l'oreille et de l'œil, et, dans cette région excitable, il y a une couche de granules; elle est donc probablement sensori-motrice; 6° Quoique les recherches concernent en général la représentation motrice, l'examen histologique de la région de l'occipital (et spécialement calcarine) montre qu'elle possède les caractères structuraux du cortex visuel observés chez d'autres animaux. Le fait qu'aucun mouvement des yeux n'a pu être produit par la stimulation faradique de cette région est probablement dû à la difficulté de l'expérience. — **M. A. J. Ewart** : *Sur la photosynthèse extra-cellulaire supposée de l'anhydride carbonique par la chlorophylle.* **MM.** Usher et Priestley ont récemment annoncé que la chlorophylle est capable d'assimiler CO^2 et de produire de l'aldéhyde formique en dehors de la plante; l'autre produit de ce processus est l'hydroxyle, qui se décompose en eau et oxygène libre en présence d'un ferment particulier. L'auteur montre que ce travail est vicié par certaines omissions et par une erreur sérieuse, et que ses conclusions ne se fondent sur aucune base sûre. Le seul fait qui reste établi, c'est que la chlorophylle se décompose, quand elle est exposée à la lumière, en présence d'O et *en présence ou en l'absence* de CO^2, et qu'un des produits de décomposition est l'aldéhyde formique.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 13 Mars 1908.

M. S. Russ étudie *la distribution, dans les champs électriques, des dépôts actifs du radium, du thorium et de l'actinium.* Tandis que la quantité de dépôt actif provenant de l'émanation du radium qui se dirige sur une cathode diminue quand la pression est réduite, au contraire, après qu'on a atteint une certaine pression, on trouve que la quantité qui se dirige sur une anode croît dans les mêmes conditions. A des pressions de 0,01 à 1,2 millimètres, on obtient presque autant d'activité sur l'anode que sur la cathode exposée à l'émanation du radium, tandis qu'à la pression atmosphérique l'activité de la cathode est environ vingt fois plus grande que celle de l'anode. Des expériences analogues dans H et SO^2 montrent que les collisions entre les particules du dépôt actif et les molécules gazeuses jouent un rôle important dans la distribution ultime du depôt actif dans les champs électriques. A la pression atmosphérique, presque toutes les particules du dépôt actif du thorium sont dirigées sur la cathode, tandis que, pour l'actinium, l'activité de l'anode est la moitié de celle de la cathode. — **M. G. H. Bryan**, étudiant *certaines analogies dynamiques de l'équilibre de température*, arrive aux conclusions suivantes : 1° Dans un système de particules uniformément distribuées, un état stationnaire d'équilibre statique ne peut pas exister sous la loi de Newton — les forces entre les particules étant attractives ou répulsives — excepté si les particules sont en repos dans un état d'équilibre instable. 2° Pour que l'équilibre d'énergie existe, la force entre les particules, si elle est répulsive, doit varier suivant une puissance de l'inverse de la distance plus grande que le carré (la 5e puissance); si elle est attractive, elle doit varier suivant une puissance plus faible que le carré; 3° Dans un système où l'énergie cinétique

Digitized by Google

ne peut être exprimée comme une fonction quadratique des vitesses avec des coefficients constants, les équations de l'équilibre d'énergie ne prennent plus la forme de relations linéaires entre les divers composants de l'énergie cinétique, de sorte que l'analogie communément admise entre la température et l'énergie cinétique devient inapplicable.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 Mars 1908.

MM. H. Hartley et **N. P. Campbell** ont déterminé la solubilité de l'iode dans l'eau à 18°, 25°, 35°, 45° et 55°, et déduit la chaleur de solution du coefficient de température de la solubilité. — **M. A. W. Crossley** et **Mlle N. Renouf**, en traitant l'*o*-xylène par un mélange nitrant, ont obtenu deux dérivés trinitrés, séparables par leurs solubilités différentes dans H^2SO^4 concentré, F. 71° et F. 115°. — Les mêmes auteurs, en éliminant deux HBr du 3 : 5-dibromo-1 :-1diméthylhexahydrobenzène, ont obtenu un mélange de 1 : 1-diméthyl-$\Delta^{3:4}$-dihydrobenzène et de 1 : 1-diméthyl-$\Delta^{2:5}$-dihydrobenzène. — **MM. A. E. Dunstan** et **F. B. T. Thole** ont répété leurs expériences sur la viscosité des solutions aqueuses de pyridine et trouvé les mêmes discontinuités dans la courbe de solubilité que précédemment. — **MM. G. Barger** et **A. J. Ewins**, en chauffant les éthers méthyléniques des dérivés du catéchol avec le chlorure de thionyle à 180°-200°, ont obtenu des dicarbonates cycliques chlorés. Par élimination de Cl, puis de CO^2, ils ont préparé, entre autres, le tétrahydroxybenzile $(OH)^2C^6H^3.CO.CO.C^6H^3(OH)^2$, F. 247°. — **M. C. de B. Evans** a découvert dans les résidus du traitement de la thorianite des traces d'un nouvel élément du groupe de l'étain ; son sulfure brun-noir est insoluble dans HCl, soluble dans l'eau et le carbonate d'ammonium. Accessoirement, l'auteur a préparé un nouvel oxalate triple $ThU^2.5(AzH^4)^2(C^2O^4)^{10}.14H^2O$. — **MM. S. Smiles** et **R. Le Rossignol** montrent que la base sulfonium dérivée du phénétol se forme en trois étapes : acide sulfinique, sulfoxyde et base sulfonium. Chez les autres éthers phénoliques, la présence d'un groupe en ortho par rapport à l'atome de S quadrivalent entrant tend à empêcher la formation de base sulfonium. — **M. T. P. Hilditch** a déterminé le pouvoir rotatoire de quelques sels d'alcaloïdes d'acides saturés et non saturés. La variation du pouvoir rotatoire est influencée non seulement par le changement de constitution associé à l'augmentation d'insaturation, mais aussi par la structure de la base et le type d'acide employé. — **M. K. J. P. Orton** et **Mlle C. Pearson** ont constaté que le 2 : 6-dibromo-1-nitroaminobenzène, dissous dans HCl et H^2SO^4, ne donne pas seulement la 2 : 6-dibromo-4-nitroaniline, mais aussi la 2 : 4-dibromo-6-nitroaniline, le groupe nitro ayant en partie émigré dans la position para libre, en partie déplacé 1 atome de Br en ortho. — **MM. E. Goulding** et **R. G. Pelly** ont extrait, de la racine d'une espèce de *Chlorocodon* de l'Uganda, une substance odorante cristallisée, $CH^2O.C^6H^3(OH).CHO$, F. 41°-42°, Eb. 257°-258°, qui constitue un isomère jusqu'alors inconnu de la vanilline. — Les mêmes auteurs ont extrait des feuilles de l'*Ocimum viride* une huile volatile aromatique, contenant 32 °/₀ de thymol, 40 °/₀ d'alcools, 2 °/₀ d'éthers et un terpène (ou mélange de terpènes) $C^{10}H^{16}$, Eb. 160-166°. — **MM. W. N. Haworth** et **W. H. Perkin jun.** ont réalisé la synthèse de terpènes analogues au dipentène, mais contenant un groupe cyclopenténique à la place d'un groupe cyclohexénique. — **MM. N. V. Sidgwick** et **H. T. Tizard** étudient le changement que subit l'émanation du radium après l'enlèvement de l'hydrogène et de l'oxygène ; ils estiment que ce changement commence avant que l'on ait le temps de faire les premières mesures et que le nombre de molécules de E_{m_1} qui forment une molécule de E_{m_2} est supérieur à 2 et non inférieur à 3.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE NEWCASTLE

Séance du 16 Janvier 1908.

M. P. P. Bedson présente ses recherches sur les constituants de la houille. Il a soumis la houille finement pulvérisée à l'extraction par la pyridine à chaud et en a retiré de 22 à 33 °/₀ d'un corps soluble dans ce solvant. L'oxydation de la houille pulvérisée par HCl et le chlorate de potasse en convertit également la plus grande partie en un solide brun, d'où l'on peut isoler divers produits chlorés, tels que $C^{30}H^{29}Cl^3O^{16}$, $C^{24}H^{18}Cl^4O^9$, $C^{35}H^{26}Cl^4O^{20}$. L'extraction du charbon de terre par le benzène a donné également des produits $C^{14}H^{10}O^5$ et $C^{13}H^{26}O$. L'auteur va poursuivre l'examen de tous ces corps.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 13 Décembre 1907.

MM. Edgar Meyer et **Erich Regener** présentent un Mémoire sur *les fluctuations du rayonnement radioactif* et sur une méthode pour déterminer la quantité électrique élémentaire. Dans un travail présenté au Congrès international de Radiologie, M. E. von Schweidler, appliquant les lois du calcul des probabilités à la désagrégation radio-active, avait constaté que la loi exponentielle bien connue de décomposition des substances radio-actives n'est satisfaite rigoureusement que dans le cas où le nombre N d'atomes, à l'origine des temps, est un nombre très grand. Lorsque, au contraire, le nombre d'atomes dont on observe la désagrégation n'est point très élevé, le nombre d'atomes se décomposant pendant un intervalle donné et, par là, l'activité du produit, sont sujets à des fluctuations. Or, M. von Schweidler indique une loi qui réglerait ces fluctuations, en fonction du nombre moyen d'atomes désagrégés pendant un intervalle donné ; l'oscillation moyenne ne dépendrait que du nombre Z d'atomes qui, dans le cas de l'application rigoureuse de la loi exponentielle, seraient convertis pendant ce même intervalle. Le présent Mémoire est consacré à la vérification expérimentale de cette relation, qui se trouve être confirmée pour des variations de Z dans le rapport de 1 : 100. En diminuant la capacité de l'électromètre, les auteurs observent un accroissement des fluctuations décelées par celui-ci. Lorsqu'on calcule, au moyen du courant de saturation, la grandeur des fluctuations probables, les valeurs observées concordent avec les valeurs calculées en ce que ces premières se trouvent être plus grandes que la valeur minima possible suivant la théorie, à savoir celle pour laquelle la durée d'oscillation de l'électromètre (apériodique) est adoptée comme intervalle d'intégration, au moyen de ce dernier, des fluctuations en question. En supposant la relation de M. von Schweidler comme vérifiée par ces expériences, il en résulte une méthode très simple pour déterminer la quantité électrique élémentaire. Une comparaison préliminaire avec les valeurs indiquées par d'autres auteurs fait voir que cette méthode conviendrait parfaitement à la détermination de ce facteur si important.

Séance du 10 Janvier 1908.

M. Alfred Stock adresse une Note sur le remplacement, par des matières poreuses, des robinets employés dans les expériences sur les gaz. Il y a quelques années, M. K. Prytz faisait voir que les plaques en matière poreuse, donnant passage à l'air mais arrêtant le mercure (dans le cas d'un surcroît de pression d'une atmosphère), s'emploient fort avantageusement pour remplacer les robinets, les soupapes confectionnées avec ces plaques étant toujours prêtes à servir et, grâce à l'absence de toute graisse, étant toujours absolument

Digitized by Google

étanches. L'auteur indique la composition d'une matière cinq fois plus poreuse que les plaques de chamotte dont se sert **M. Prytz**, mais parfaitement résistante aux acides et à l'eau bouillante et qui se fusionne immédiatement avec le verre. La maison Bleckmann et Burger, à Berlin, s'est chargée de la fabrication de ces plaques. — **M. P. Asteroth** présente un Mémoire relatif à l'*influence d'un traitement thermique ou mécanique antérieur sur les propriétés magnétiques et surtout sur l'hystérèse des alliages de Heusler*. L'auteur se sert de deux échantillons riches en cuivre provenant d'une même fonte et, par conséquent, chimiquement identiques (16,9 °/₀ Mn, environ 9 °/₀ Al, le reste, à part des traces d'impuretés, étant du cuivre). Or, l'un de ces échantillons avait été pris immédiatement après sa solidification, tandis que l'autre, après avoir été forgé à la chaleur rouge, avait été recuit et trempé dans l'eau. Ces deux échantillons, chauffés au delà de leur point de conversion, ont servi à illustrer l'influence de la solidification sur la forme de la courbe d'induction. Les tables et les courbes données dans le Mémoire original font voir l'existence d'un accroissement considérable de la force coercitive et de la rémanence (et, par là, de la boucle d'hystérèse tout entière) dans le cas où le refroidissement a lieu aussi lentement que possible. D'autre part, l'hystérèse est relativement petite, ou même presque négligeable, dans le cas où le refroidissement se fait abruptement par immersion dans l'eau ou le mercure. Afin de constater le degré de réversibilité de ces processus, l'auteur a reporté la température des deux échantillons au delà du point de conversion magnétique, après quoi les échantillons, ayant été trempés dans de l'eau froide, ont de nouveau donné une faible hystérèse. On peut donc, dans de certaines limites, accroître ou réduire à volonté l'hystérèse des deux échantillons. La comparaison des deux bronzes soumis à l'essai fait voir que l'échantillon forgé présente, dans tous les cas étudiés, une hystérèse et une force coercitive considérablement plus faibles que l'échantillon de fonte de même composition chimique, tandis que sa rémanence n'est qu'un peu plus petite. On explique ces phénomènes en assimilant l'état des alliages trempés et « vieillis » à celui des corps parfaitement élastiques, et l'état des corps refroidis lentement à celui des corps imparfaitement élastiques (d'autant plus que le refroidissement a été plus lent).

Séance du 24 Janvier 1908.

M. H. Erfle adresse un Mémoire sur *la dispersion anomale des vapeurs métalliques*. Depuis les recherches quantitatives de M. Becquerel sur la dispersion anomale de la vapeur de sodium, beaucoup d'auteurs ont constaté la présence de ce phénomène dans des conditions appropriées, pour de nombreuses raies de vapeurs métalliques. Ils ont fait voir ainsi les coefficients de réfraction inférieurs à l'unité se trouvant, à partir de la raie d'absorption à dispersion anomale, du côté des petites longueurs d'ondes, et les coefficients supérieurs à l'unité du côté des grandes longueurs d'ondes. L'auteur s'est posé la tâche de signaler les conclusions déduites des théories de la dispersion, au sujet de la dispersion et de l'absorption d'une vapeur métallique à l'intérieur et aux environs d'une raie d'absorption. Il démontre que le coefficient de réfraction et le module d'extinction, dans les raies d'absorption des vapeurs métalliques, peuvent assumer, suivant les théories de Drude d'une part, et de Plank et de Lorentz de l'autre, des valeurs dépassant toutes celles qu'on a jusqu'ici observées dans les corps solides ou liquides. D'autre part, l'on peut se trouver en présence de coefficients de réfraction très petits (inférieurs à l'unité). La dispersion, dans la raie d'absorption, dépasse la dispersion de tous les corps solides ou liquides. — **M. Br. Glatzel** rend compte de ses *recherches sur les éclateurs à mercure* et leur emploi pour la production des ondes électriques faiblement amorties. Beaucoup d'ingénieurs et de savants ont inventé, dans ces derniers temps, des dispositifs se prêtant à la production d'ondes électriques peu ou point amorties, pouvant être employées pour la télégraphie et la téléphonie sans fil. L'auteur se sert, dans ce même but, de l'éclateur à vapeur de mercure indiqué par M. Cooper Hewitt, et qui permet de réaliser presque parfaitement le cas d'une excitation, par choc électrique, du circuit oscillatoire secondaire. L'éclateur se trouvait inséré dans un circuit primaire I, accouplé, soit inductivement, soit galvaniquement, à un second circuit II renfermant un condensateur à plaques réglables, avec de la paraffine comme diélectrique. L'accouplage des deux circuits pouvait être varié dans de larges limites. Un circuit III, accouplé très légèrement au circuit II, servait à apprécier le nombre de la conduite des ondes dans les circuits accouplés I et II. Chacun des circuits II et III renfermait une pile thermique très sensible, à accouplage inductif. Les courbes de résonance ont été prises, pour chaque accouplage, successivement pour deux éclateurs à mercure et à zinc respectivement. Les résultats de l'auteur font voir l'existence, tant pour l'éclateur à mercure que pour celui à zinc, d'un accouplage optimum quant à l'absorption d'énergie du circuit II, optimum qui se présente dans le cas où le circuit II renferme à peu près deux ondes. Les éclateurs à mercure donnent la possibilité de communiquer à un circuit transmetteur secondaire l'énergie d'oscillation tout entière d'un circuit primaire. Les ondes électriques émises dans l'espace présentent, par conséquent, à leur tour, un amortissement très faible et se prêtent d'une façon excellente à la télégraphie sans fil. La propriété que possèdent les éclateurs à mercure de donner un nombre bien plus grand de décharges partielles et, par conséquent, d'émettre une quantité d'énergie considérablement plus grande que les éclateurs placés au sein de l'air, constitue un autre avantage inestimable. — **M. A. Byk** présente une Note sur *le calcul des réactions photochimiques*. D'accord avec la théorie électromagnétique de la lumière, l'auteur assimile les effets photo-chimiques aux phénomènes d'électrolyse, en établissant une équation purement thermodynamique, le travail chimique fourni par le courant étant regardé comme proportionnel à l'énergie consommée par la lumière. Le travail chimique est calculé, dans chaque cas spécial, sur la base des lois osmotiques. L'auteur se propose de vérifier par l'expérience ses déductions théoriques. — **M. E. Regener** adresse une Note relative au *dénombrement des particules α par la scintillation*, et à la grandeur de la quantité électrique élémentaire. En frappant un écran en blende de Sidot, les rayons α du radium et du polonium donnent lieu au phénomène si beau de la scintillation, qui consiste en un étincellement sans cesse variable de nombreux points lumineux, donnant l'impression d'un bombardement de projectiles frappant l'écran et qui, en heurtant ce dernier, engendreraient le phénomène lumineux si remarquable. L'auteur a estimé le nombre de points lumineux scintillants afin de constater si ces derniers correspondent vraiment aux particules α frappant l'écran. Comme ce nombre se trouve, en effet, ne différer que très peu de celui des particules α, l'on pourrait se servir de la méthode de dénombrement des points lumineux pour observer les phénomènes présentés par ces particules. Le dénombrement est effectué au moyen d'un appareil Morse et d'un compteur de secondes.

ALFRED GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 8 30 AVRIL 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La nature physique des traînées météoriques. — Lorsqu'une étoile filante traverse le ciel, elle se montre sous forme de ligne brillante qui s'éteint presque aussitôt. Mais, dans certaines circonstances, les matériaux enflammés laissent derrière eux une traînée plus ou moins lumineuse, qui peut persister plusieurs secondes, et qui parfois dure encore plus longtemps. Tantôt, et c'est le cas le moins général, la traînée persiste sous sa forme primitive, c'est-à-dire rectiligne; tantôt, au contraire, la lueur prend des formes bizarres, rappelant une fumée qui se disperse sous l'effet de courants aériens plus ou moins lents.

Quelle est la nature de ces traînées météoriques?

Le Professeur Trowbridge s'est attaqué à ce difficile problème, et est arrivé à des résultats fort intéressants que nous allons résumer :

Depuis un certain nombre d'années, ce savant, dans l'intention de réunir des données utiles sur les couches supérieures de l'atmosphère terrestre, a dressé un catalogue de traînées météoriques observées, comparant les documents obtenus et poursuivant en même temps l'étude des phénomènes de phosphorescence des gaz.

Il y aurait une couche bien définie de l'atmosphère entre 80 et 100 kilomètres de hauteur, où les conditions seraient particulièrement favorables à la production de la lueur constituant les traînées météoriques. Ceci ne veut pas dire que les météores ne puissent pas apparaître à une plus grande hauteur, mais alors ils ne laissent presque jamais de traînées.

La traînée proprement dite est probablement formée d'un tube de gaz lumineux par lui-même et contenant de très petites particules de poussière météorique. Cette forme tubulaire rend bien compte du fait que les bords paraissent, la plupart du temps, plus brillants que le milieu, et souvent même, pour cette raison, la traînée semble dédoublée.

Quant à la phosphorescence des particules de poussière météorique composant cette gaîne, elle est probablement due à la production de l'électricité ou de la forte température causée par la marche rapide du météore. Les couleurs des traînées météoriques, généralement vertes ou jaunes au début et qui deviennent blanches peu après, sont bien caractéristiques de la phosphorescence de l'air.

Cette recherche des mouvements des traînées météoriques pourra permettre en même temps l'étude des courants atmosphériques à ces grandes hauteurs.

Th. Moreux.

Les Comètes. — Les nombreuses questions soulevées par l'étude des comètes continuent à préoccuper les astronomes, et confinent très souvent aux problèmes les plus délicats et les plus mystérieux des configurations astrales. Tantôt, il faut prédire le retour de ces astres, et on peut le faire avec succès comme Zwiers pour la comète Holmes en 1906; tantôt, on étudie, suivant un arc convexe par rapport au Soleil, le mouvement de la matière caudale de la comète, où se manifeste clairement l'action d'une force répulsive émanée du Soleil : et, ici, l'on trouve d'accord W.-H. Pickering pour la comète Swift (1892 I), Bredikhine pour la comète 1893 II et Jaegermann pour la comète 1893 III. Mais, si elle se manifeste par d'indubitables conséquences, cette force répulsive est bien loin du système newtonien normal, et suscite des doutes cruels sur la valeur et l'étendue de nos connaissances.

On n'est pas toujours aussi heureux et, par exemple, on avait perdu de vue, après 1879, la comète Brorsen, à propos de laquelle Lamp se livra à de si belles recherches : en 1890, époque à laquelle le retour de cette comète était attendu dans des conditions de visibilité très favorables, toutes les investigations des observateurs restèrent sans succès.

Or, voici que la comète 1894 I (Denning) vient soulever les problèmes les plus délicats, et remettre en évidence la vieille hypothèse d'Olbers sur la fragmentation ou l'explosion interne. Dès que les observations permirent de fixer ses éléments avec quelque certitude, cette comète se classa parmi celles à courte période; puis, une particularité intéressante appela tout particulièrement l'attention des astronomes : c'est que cette comète présentait une grande proximité avec Jupiter et que, en ce même point, son orbite coupait celle de la comète Brorsen.

Dans la possibilité d'une proximité effective une dizaine d'années auparavant, Hind signala une circons-

Digitized by Google

tance encore plus importante : en effet, les données approchées que l'on possédait sur la comète récemment découverte semblaient indiquer qu'en janvier 1881 les deux comètes avaient passé au voisinage du point de proximité de leurs orbites, et, cela, à des époques distantes d'un mois environ. Lamp eut immédiatement le soupçon d'une identité entre les deux astres, et si cet écart des dates, fourni par un calcul à la vérité assez incertain, n'existait pas réellement, la comète Denning pouvait n'être bien qu'un débris de la comète Brorsen, détruite en 1878 par une explosion ou tout autre bouleversement intérieur. L'impuissance, lors de la réapparition de 1890, se trouverait ainsi légitimée. Les efforts de Lamp furent infructueux : les passages au point d'explosion présumé étaient plus discordants, en tenant compte assez exactement par quadratures mécaniques des perturbations antérieures; mais on pouvait se demander si la cause n'en résidait point dans les éléments fournis par Schulhof, elliptiques, — mais basés sur un court intervalle de temps d'observations.

Des observations ultérieures faites à Nice permirent à Lamp de former de meilleures orbites et de reviser tous ses calculs en conséquence : la proximité, lors des passages, n'était pas très grande; mais, d'autre part, les dates de 1881 devenaient beaucoup plus concordantes, janvier 16.5 et janvier 23.9. Le résultat, cette fois, était remarquable et très favorable à l'hypothèse émise, puisqu'une très légère modification dans la valeur du moyen mouvement permettait d'obtenir une identité.

Une conclusion aussi capitale ne pouvait être acceptée sans autre vérification. Reprenant les éléments de la comète Denning, Schulhof montra qu'il fallait leur faire subir des modifications peu favorables à l'hypothèse d'une proximité effective ; de plus, au point d'explosion présumé, les vitesses des deux comètes étaient très différentes, 7 kilom. 5 pour Brorsen, 10 kilom. 5 pour Denning. Mais ceci, contrairement à certaines affirmations, n'est pas encore une critique suffisante. Les recherches de Schulhof furent depuis confirmées par celles de Gast, après lesquelles il reste une très faible incertitude sur la valeur du moyen mouvement.

Au cours de recherches plus générales concernant la proximité des orbites, G. Fayet a repris l'examen de cette question et établi, d'une manière définitive, que, pour le point de proximité présumé, les passages de 1881 sont distants de six semaines environ : l'hypothèse émise par Lamp doit donc être abandonnée. Et il n'y a pas grand intérêt, pour le moment, à rechercher des proximités antérieures, car c'est Jupiter qui paraît avoir régi la contexture de ce système : en 1866, la comète Denning passa près de la planète, et l'on sait que, en 1842, la comète Brorsen a subi de la part de Jupiter des perturbations qui ont complètement modifié son orbite.

L'hypothèse de la fragmentation est très élégante ; elle fut féconde. Mais, depuis Olbers, elle attend une confirmation expérimentale.

§ 2. — Météorologie

L'Organisation météorologique internationale. — Le *Comité météorologique international* a tenu une réunion à Paris en septembre 1907. Conformément à une décision prise lors de la Conférence d'Innsbruck, il a élaboré un règlement provisoire, qui sera soumis à la prochaine Conférence des Directeurs. Ce règlement vient d'être imprimé et envoyé par les soins du Secrétariat du Comité météorologique international à tous les membres des Commissions. En voici un bref résumé :

« L'organisation météorologique internationale comprend :

« 1° Les Conférences des Directeurs;

« 2° Le Comité météorologique international;

« 3° Les Commissions. »

Les *Conférences des Directeurs* ont pour fonction principale de « discuter des questions concrètes, de se mettre d'accord sur les méthodes d'observation et de calcul, ou bien d'entreprendre des travaux communs ».

Les Conférences sont convoquées par le Comité international. Sont invités par le Bureau du Comité tous les Directeurs des réseaux ou des observatoires météorologiques officiels, et indépendants les uns des autres, de chaque pays. Le Bureau du Comité peut, en outre, inviter, s'il le juge utile, des représentants des Sociétés météorologiques et divers savants particulièrement qualifiés.

La *Conférence des Directeurs* nomme un *Comité Météorologique international*, dont les pouvoirs prennent fin à la Conférence suivante. Le Comité se compose de membres choisis par la Conférence. Tous les membres doivent appartenir à des Etats différents et être directeurs d'un établissement météorologique indépendant. Ce sont presque exclusivement, en fait, des directeurs du Service météorologique de tout un pays. Le Comité a la faculté de se compléter en cas de démission ou de décès. Il nomme son bureau, composé d'un Président et d'un Secrétaire.

Le Comité international surveille l'exécution des décisions des Conférences; il organise les *Commissions* chargées d'étudier des questions spéciales; pour les Commissions nouvellement organisées, le Comité en nomme lui-même le Président. Les Présidents des Commissions assistent aux séances du Comité avec voix consultative.

Le Comité et les Commissions se réunissent en général tous les trois ans. La Conférence des Directeurs est convoquée par le Comité international, seulement quand il y a des questions importantes à lui soumettre, mais, à ce qu'il semble, au moins tous les neuf ans. Neuf ans s'étaient écoulés entre la Conférence des Directeurs de Paris (1896) et celle d'Innsbruck (1905).

Dans sa réunion de septembre 1907, à Paris, le Comité météorologique international a remplacé quelques-uns de ses membres, démissionnaires : le Président, M. Mascart, a été remplacé comme membre de Comité par M. Angot, son successeur à la direction de Bureau central météorologique de France, et comme président du Comité par M. Shaw, directeur du *Meteorological Office* d'Angleterre. Le secrétaire, M. Hildebrandsson, a été remplacé comme membre par M. Hamberg, directeur du Service météorologique de Suède, et comme secrétaire du Comité par M. Hellmann, directeur de l'Institut météorologique prussien. Actuellement, le Comité météorologique international comprend seize membres : l'Amérique y est représentée par les directeurs des Services météorologiques du Canada, des Etats-Unis et de la République Argentine; la Conférence d'Innsbruck a introduit au Comité M. Nakamura, directeur du Service météorologique du Japon.

Quelques-unes des anciennes commissions, telles que la « Commission des Nuages », ont terminé leurs travaux et ont été déclarées dissoutes.

Il y a actuellement quatre Commissions :

1° *La Commission internationale pour le Magnétisme terrestre et l'Electricité atmosphérique* (17 membres. Président : M. le général Rykatschew, directeur de l'Observatoire physique central de Saint-Pétersbourg; secrétaire : M. Adolphe Schmidt, chef de Service à l'Institut Météorologique prussien, à Potsdam). La Commission comprend trois membres français : M. Mascart, M. Moureaux et M. B. Brunhes.

2° *La Commission internationale pour l'Aérostation scientifique.* (Président : M. Hergesell, directeur du Service météorologique d'Alsace-Lorraine). C'est cette Commission qui centralise les résultats des ascensions de ballons-sondes et de cerfs-volants dans le monde entier. Elle est la plus nombreuse (55 membres). Elle comprend, comme membres français : le prince

Digitized by Google

Roland Bonaparte, MM. Angot, Besançon, Bouquet de la Grye, Cailletet, de Fonvielle, G. Hermite, Jaubert, Paul Renard, Teisserenc de Bort et le comte de la Vaulx. Parmi les autres membres, on doit citer : le prince de Monaco, MM. Assmann, Lawrence Rotch, etc.

3° *La Commission internationale de la Radiation.* (Président actuel : M. Pernter, directeur du Service central de Météorologie et Géodynamique d'Autriche). Elle comprend huit membres, dont deux français : M. Marchand, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi, et M. J. Violle.

4° *La Commission solaire internationale.* Elle comprend des astronomes et des météorologistes et a été constituée sous l'impulsion de Sir Norman Lockyer, qui en est le président. Le secrétaire est Sir John Eliot, ancien directeur du Service météorologique de l'Inde. Elle comprend trente-six membres; comme membres français : MM. Angot, Deslandres, Marchand, Teisserenc de Bort et Violle. Parmi les autres membres, on peut citer : MM. Angström, d'Upsal; Birkeland, de Christiania; le P. Cirera, de Tortosa; Hale, de Pasadona (Etats-Unis); Hann, de Vienne; Rizzo, de Messine; Wojeikow, de Saint-Pétersbourg.

La désignation de la date et du lieu de réunion des Commissions est faite après entente préalable entre le Président du Comité international et le Président de la Commission.

Le Comité rappelle, enfin, qu'il est très désirable que les personnes qui veulent proposer une question à la délibération d'une Conférence du Comité ou d'une Commission, distribuent aux membres respectifs, deux mois avant la réunion, un court rapport imprimé sur cette question.

§ 3. — Électricité industrielle.

L'ajustage électrique à distance des pendules normales. — Une application intéressante de l'électricité à l'ajustage à distance des pendules normales vient d'être faite par le Dr Riefler, dans l'installation chronométrique construite par ce savant pour le Musée des Chefs-d'œuvre de la Science et de l'Industrie à Munich. Cette installation comporte une pendule principale renfermée dans une boîte en verre, étanche à l'air, une pendule secondaire disposée dans une boîte similaire et synchronisée par la première, et un tableau de distribution contenant tous les accessoires nécessaires pour la charge continue des accumulateurs, le remontage électrique des deux pendules, la synchronisation de la pendule secondaire et l'actionnement d'un frappe-seconde. Un autre tableau renferme tous les instruments servant à l'ajustage et aux mesures de l'intensité du courant dans les différents circuits.

Comme la pendule secondaire est destinée à synchroniser, d'une part, la pendule normale du Bureau des Télégraphes (d'où des signaux chronographiques sont transmis journellement à toutes les stations postales et télégraphiques du pays), et, de l'autre, la pendule centrale d'un système d'horloges-étalons qu'on se propose d'installer à Munich, il convenait de maintenir les pendules du Musée avec un soin particulier à l'heure aussi exacte que possible. Aussi une inscription attachée à la pendule secondaire indique-t-elle une précision de 0,2 seconde.

Or, en modifiant la pression de l'air à l'intérieur de la boîte entourant la pendule principale, on règle facilement l'allure de cette dernière, de façon à réduire ses variations journalières à quelques centièmes de seconde. Cependant, même des variations si faibles, en s'ajoutant pendant un certain nombre de jours, peuvent finir par atteindre la limite précitée de 0,2 seconde. Pour éviter la nécessité d'une surveillance exercée sur les lieux, le Dr Riefler a imaginé le dispositif suivant d'ajustage à distance.

Derrière le pendule, on dispose, de part et d'autre, un électro-aimant dont l'armature porte un poids additionnel d'environ deux grammes, suspendu par un mince fil de soie. Suivant la position actuelle de l'armature, ce poids additionnel, ou bien flottera librement dans l'air, ou reposera sur un plateau disposé à 27 centimètres de distance au-dessous de l'axe d'oscillation du pendule. Ce dispositif permet d'ajouter au pendule un poids additionnel par un procédé électrique et sans l'intervention d'un opérateur spécial.

Le poids additionnel de l'électro-aimant à la gauche du pendule reste, en général, librement suspendu en dessus du plateau. Aussitôt que le circuit d'*accélération* est fermé du laboratoire de M. Riefler, l'armature de la pendule du Musée sera attirée et le poids additionnel sera appliqué contre son plateau, en déplaçant le centre de gravité du balancier un peu vers le haut et en accélérant les oscillations de ce dernier, de façon à faire avancer la pendule de 0,01 seconde en 6 minutes, ou de 0,1 seconde en une heure. Aussitôt que le circuit aura été ouvert, le ressort de l'armature retirera le poids additionnel du plateau sur lequel il repose.

L'armature de l'électro-aimant disposé à la droite du balancier sert aux *retardements*. Comme le poids additionnel correspondant doit, en général, le circuit étant ouvert, reposer sur le plateau, cette armature est pourvue d'un levier; en fermant le circuit, on soulève le poids additionnel, déterminant par là un retard du pendule.

En dehors de ces deux circuits, servant respectivement à accélérer et à retarder la pendule, il en existe un troisième, qui conduit du Musée au chronographe installé dans le laboratoire de M. Riefler, chronographe dont ce constructeur se sert pour contrôler journellement l'allure de la pendule secondaire du Musée sur la pendule principale du laboratoire, aussi bien que sur l'un des chronomètres de l'Observatoire Royal, en déterminant (avec le concours d'environ 12 autres chronomètres du Laboratoire) la correction actuelle de l'horloge du Musée. Avant que cette dernière n'ait atteint la valeur de 0,01 seconde, elle sera compensée au moyen de l'ajustage à distance décrit ci-dessus.

Le courant électrique alimentant les trois circuits est emprunté à la batterie d'accumulateurs du Laboratoire, laquelle communique à son tour avec un circuit à haute tension. La différence de potentiel de cette batterie est de 8 volts. La résistance du circuit téléphonique est de 250 ohms, et celle de chacun des électro-aimants servant à l'ajustage à grande distance (ainsi que la résistance du chronographe) de 50 ohms. L'intensité de courant du circuit chronographique est, par conséquent, de $8 : 300 = 0{,}027$ amp. Or, comme ce courant serait trop fort pour soulever le poids additionnel, l'on intercale dans le circuit de l'ajustage à grande distance une bobine de résistance de 250 ohms, réduisant l'intensité du courant à $8 : 550 = 0{,}014$ amp.

En raison du grand nombre d'horloges-étalons comparées journellement avec la pendule normale de l'Observatoire Royal et qui servent de termes de comparaison, il est très facile de maintenir l'erreur journalière de la pendule du Musée au-dessous de 1/10 de seconde, même dans le cas de déterminations astronomiques n'admettant qu'une précision de 0,05 seconde. Aussi la variation maxima de 0,2 seconde n'est-elle atteinte qu'exceptionnellement.

La même méthode d'ajustage est employée dans le laboratoire de M. Riefler pour le réglage d'une autre pendule normale servant à transmettre l'heure exacte par le téléphone à toute personne désireuse de la connaître. La méthode employée à cet effet diffère quelque peu du procédé indiqué récemment par M. E. Guyou à l'Académie des Sciences de Paris.

La pendule normale de M. Riefler est pourvue d'un contact électrique à secondes et d'une pile spéciale, insérée dans un circuit local. Après chaque seconde, le courant de basse tension est interrompu pendant un bref intervalle par un contact de la pendule. Comme, toutefois, l'une des 60 dents de la roue à contacts a été enlevée, il ne se produit pas d'interruption à la seconde 0, ce qui signale le commencement d'une minute. Ce cou-

Digitized by Google

rant local actionne un relai frappeur disposé près de l'appareil téléphonique un peu en dessous de l'entonnoir du microphone. Or, quand un abonné du téléphone demande à être informé de l'heure exacte, le circuit du relai sera fermé par un interrupteur disposé près du téléphone, et l'abonné percevra distinctement dans son récepteur téléphonique les chocs de l'armature du relai, chocs bien plus énergiques que les oscillations d'un pendule chronométrique et qui pourront être transmis jusqu'à quelques centaines de kilomètres.

Beaucoup d'abonnés du réseau téléphonique munichois profitent de cette occasion pour recevoir des signaux chronométriques précis, une ou deux fois par semaine, ou même plus fréquemment.

Alfred Gradenwitz.

§ 4. — Physiologie

Le Contrôle acide du pylore.— Comment et par quel mécanisme les aliments ingérés quittent-ils l'estomac, après y avoir séjourné plus ou moins longtemps? Telle est la question que M. W. B. Cannon examine dans un très intéressant Mémoire qu'il vient de publier[1].

On a longtemps admis que les aliments séjournent plusieurs heures dans l'estomac, s'y mélangeant intimement avec le suc gastrique, puis quittent assez brusquement et d'un seul coup l'estomac pour passer dans l'intestin. Les études cliniques faites au moyen de la sonde gastrique, les observations pratiquées au moyen des rayons X chez les animaux normaux, les recherches faites sur les animaux porteurs de fistules duodénales ont établi que l'estomac se vide progressivement et par intermittences irrégulières.

Pourquoi et comment se produit cette évacuation intermittente? On a supposé que l'estomac présente par intermittence des contractions plus énergiques, suffisantes pour forcer le pylore, alors que les contractions ordinaires de l'estomac s'épuisent contre sa résistance. Mais cette hypothèse n'est pas soutenable, car l'examen, au moyen des rayons X, d'un estomac contenant des aliments opaques à ces rayons (mélangés de sous-nitrate de bismuth) montre que les ondes péristaltiques qui parcourent l'estomac, du cardia au pylore, ne sont pas plus énergiques au moment des évacuations que dans l'intervalle.

On a supposé que les aliments évacués dans le duodénum y créaient une résistance mécanique à l'écoulement du contenu gastrique. Mais, cette hypothèse n'est pas soutenable, car les matières évacuées ne le sont jamais en assez grande abondance pour provoquer une distension duodénale et conséquemment une résistance.

Dans ces hypothèses, on ne tient aucun compte de la tonicité du pylore; et pourtant le passage des aliments de l'estomac dans l'intestin dépend de deux causes antagonistes: la pression gastrique et la résistance du pylore. Puisque la contraction gastrique nous apparaît comme constante, au moins d'une façon générale, il nous faut chercher la cause essentielle de l'évacuation gastrique dans la tonicité variable du sphincter pylorique.

M. W. B. Cannon admet que la présence d'acides dans l'antre du pylore détermine le relâchement du sphincter pylorique, et que la présence d'acides dans la partie supérieure du duodénum en détermine la contraction. Dès lors, quand les aliments ou les matières séjournant au voisinage du pylore, dans l'antre du pylore, ont acquis une certaine acidité, le pylore se relâche, et les matières gastriques commencent à s'écouler dans le duodénum sous l'influence de la contraction de l'estomac. Mais, à peine arrivées dans le duodénum, ces matières acides provoquent une contraction du pylore et s'opposent ainsi à l'issue d'une nouvelle quantité de matières gastriques. On sait que ces mêmes substances acides provoquent, quand elles sont dans le duodénum, une sécrétion de suc pancréatique, une sécrétion de suc intestinal et un écoulement de bile; tous ces liquides, étant alcalins, neutralisent le chyme déversé dans le duodénum; l'excitation duodénale cessant de ce fait, la contraction du pylore devient moins intense, et son relâchement se produit de nouveau sous l'influence du contenu acide de l'antre du pylore. En un mot, le pylore est à chaque instant dans un état de tonicité variable, dépendant du conflit de deux excitations antagonistes provenant, l'une de l'estomac, l'autre du duodénum, et provoquées l'une et l'autre par le chyme acide.

Cette théorie repose sur un ensemble d'observations et d'expériences, dont nous nous bornerons à signaler les principales :

Les faits suivants établissent que le pylore s'ouvre, ou se relâche tout au moins, quand les aliments contenus dans l'antre du pylore présentent une certaine acidité : 1° Si l'on fait ingérer à des animaux un repas de composition connue, par exemple un repas riche en hydrocarbonés, on note que l'évacuation gastrique commence au bout d'un certain temps et s'accomplit en un certain temps; si l'on fait ingérer le même repas additionné de carbonate de soude, l'évacuation gastrique commence plus tard et ne s'achève qu'en un temps notablement plus long. 2° Si l'on fait ingérer à un animal un même repas, riche, par exemple, en substances albumineuses, additionné ou non additionné d'acides, l'évacuation gastrique commence et s'achève beaucoup plus vite avec le repas acidifié qu'avec le repas non acidifié. 3° Si l'on pratique une fistule gastrique au niveau de l'antre pylorique et si l'on suit l'évacuation gastrique au moyen des rayons X, par exemple, on constate qu'une réaction acide du contenu de l'antre précède immédiatement l'évacuation, et qu'on peut provoquer à volonté l'évacuation en faisant pénétrer de l'acide dans cette région par la fistule pratiquée. 4° Si l'on extrait l'estomac du corps, et si on le conserve plongé dans le liquide de Ringer, qui lui conserve pour un temps ses propriétés normales, on peut constater directement que les acides déposés au niveau de l'antre du pylore provoquent un relâchement du sphincter.

On établit que le pylore se contracte quand le contenu du duodénum est acide, par les faits suivants :

1° L'introduction d'acides dans le duodénum arrête l'évacuation gastrique, et cela bien que les mouvements de l'estomac et bien que la tonicité de l'estomac n'aient pas été modifiés. 2° L'évacuation de l'estomac est considérablement ralentie quand on a supprimé l'écoulement de la bile et du suc pancréatique alcalins dans le duodénum, soit par la ligature de leurs canaux excréteurs, soit par établissement de fistules externes biliaire et pancréatique. 3° Si l'on pratique la fistule de Thiry-Vella sur l'anse duodénale, en suturant au pylore le jéjunum, on note une évacuation gastrique beaucoup plus rapide : le contenu gastrique acide, pénétrant dans le jéjunum, n'y engendre pas une action semblable à celle qu'il exerce dans le duodénum à l'égard du pylore. 4° L'évacuation gastrique est également accélérée quand on a pratiqué une section circulaire de la musculeuse du duodénum supérieur; fait intéressant, qui indique que l'action née dans le duodénum se transmet au pylore par l'intermédiaire des éléments nerveux du plexus d'Auerbach.

On sait que Bayliss et Starling ont établi qu'une excitation portée en un point déterminé de l'intestin grêle engendre toujours une constriction au-dessus du point excité, un relâchement au-dessous (loi de l'intestin). M. W. B. Cannon fait remarquer qu'il en est de même au voisinage du pylore. L'excitation acide de l'antre du pylore détermine le relâchement du pylore situé au-dessous, l'excitation du duodénum supérieur déter-

[1] W. B. Cannon : The acid control of the pylorus. *American Journal of Physiology*, vol. XX, n° 2, p. 284-319 (novembre 1907).

Digitized by Google

mine la constriction du pylore situé au-dessus. La région pylorique obéit à la loi de l'intestin.

La théorie proposée par M. W. B. Cannon s'accorde

d'itinéraires nouvellement levés et parcourus, mais encore sur des itinéraires qui [illegible] été levés

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
Directeur : LOUIS OLIVIER, Docteur ès Sciences
18, Rue Chauveau-Lagarde — PARIS

Aux Pays des Nuits blanches

En Norvège

et

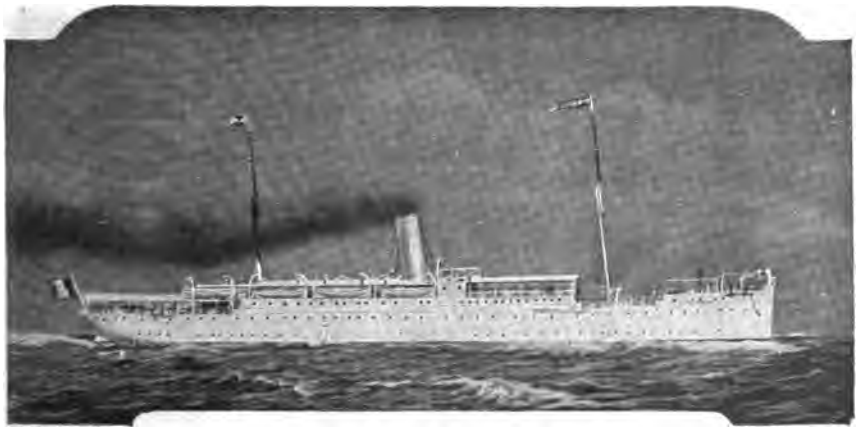
En Russie

Chez les Lapons et les Samoyèdes

EN BATEAU ET EN KARRIOL

DANS LES FJORDS ET DANS LES TERRES

XLe CROISIÈRE DE LA *REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES*



PAQUEBOT-YACHT : *ILE-DE-FRANCE*
de la Société générale de Transports maritimes à vapeur

DÉPART DE DUNKERQUE LE 5 JUILLET, RETOUR A DUNKERQUE LE 3 AOUT 1908

COMITÉ DE PATRONAGE

des Croisières et Voyages d'études de la "Revue"

MM. BOUQUET de la GRYE, de l'Académie des Sciences; — **E. BOURGEOIS**; — **L. GRANDEAU**; — **A. GRANDIDIER**, de l'Académie des Sciences; — **S. HALFON**; — **E. HAMY**, de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres; — **T. HOMOLLE**, de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres; — **H. LEONARDON**; — **E. LEVASSEUR**, de l'Académie des Sciences morales et politiques; — **G. MONOD**, de l'Académie des Sciences morales et politiques; — **A. MUSNIER**; — **G. NOBLEMAIRE**; — **O. NOEL**; — **L. OLIVIER**.

Digitized by Google

rant local actionne un relai frappeur disposé près de l'appareil noir du n phone de circuit du près du te dans son ture du re lations d'u être tran mètres.

Beaucou chois pro signaux cl semaine,

Le Co par quel l'estomac, temps? Te examine de publie On a lo plusieurs mement brusquem dans l'int de la son moyen de recherche duodénale vement et Pourqu intermitte par inter suffisanter tions ord résistance car l'exa contenan (mélangé ondes pé cardia au ment des On a su dénum y lement d n'est pas sont jam voquer u une résis Dans c tonicité d de l'esto antagoni pylore. P comme nous fau gastrique rique. M. W. dans l'ar sphincte la partie contracti matières l'antre d pylore se cent à s la contr

[1] W. B. *rican Jou* (novembr

dans le duodénum, ces matières acides provoquent une contraction du pylore et s'opposent ainsi à l'issue

Pénétration dans la Zone du Soleil de Minuit

Mers et fjords	Escales ou passages	Excursions générales
Détroits	**des Lofoten.**	
Détroits du Finmark.	**Tromsö.**	
	Tromsdal	Excursion au Camp des Lapons.
Lyngenfjord.	**Navigation le soir le long des hautes montagnes de glace qui forment les parois du fjord.** Sortie du fjord à 11 h. 1/2 du soir. Soleil de Minuit et réverbération de sa lumière dans les glaciers.	
Détroits de l'Extrême Nord de l'Europe.	**Hammerfest**	Promenade a la Borne du Méridien.
	Cap Nord	Ascension la Nuit pour voir le Soleil de Minuit.

Dans le Monde Finnois

Varangerfjord . . .	**Vadsö**	Ascension de la Colline (Vue panoramique).
Océan Glacial. . . .	**Navigation le long de la presqu'île de Kola. Les Côtes de la Laponie russe.** Région des grandes chasses arctiques, et notamment de la **Chasse à la Baleine.**	
Mer Blanche	**Ile de Solovetzky**	Visite du Célèbre Monastère.
Golfe de la Dwina. .	**Arkhangel.**	Promenade aux entrepôts et magasins de fourrures
Océan Glacial. . . .	**Vardö**	Promenade au Vardöhus.
Détroits du Finmark.	**Tromsö**	Promenade a l'Alfheim.
Détroits des Lofoten et Raftsund. . . .	**Haarstadt**	Excursion a Trondenœss.
	Lödingen.	
	Navigation jusqu'au pied du Chalet de Guillaume II.	
	Station glaciaire d'Henningsvœr.	

Sortie de la Zone du Soleil de Minuit

Pleine mer	**Le Swartissen**	Excursion au Glacier de Swartissen (le plus étendu de l'Europe).
En mer.	**Ile de Torghen**	Ascension du Pic de Torghatten.
Romsdalfjord	**Andalnœss.**	Excursion a travers les vallons du Romsdal a Horgheim.
	Molde.	
Geirengerfjord . . .	**Alösund.**	
	Merock	Promenade sur la route de Knüden.
	Hellesylt.	
	Oïe.	
Hardangerfjord. . .	**Odde.**	Excursion a Lötefos.
Stavangerfjord . . .	**Stavanger.**	
Christianiafjord. . .	**Christiania.**	

II. — EXCURSION SPÉCIALE A NOMBRE DE TOURISTES LIMITÉ

A TRAVERS LE TELEMARKEN, excursion de 4 jours en karriol, bateau de lac et chemin de fer, d'Odde à Christiania.

Demander la **Notice sur la Croisière**, la **Carte de Norvège** et, en général, tous **renseignements** sur le voyage à la *Direction de la Revue générale des Sciences*, **18, rue Chauveau-Lagarde, à Paris.**

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette. — 18501.

Digitized by Google

mine la constriction du pylore situé au-dessus. La région pylorique obéit à la loi de l'intestin.

La théorie proposée par M. W. B. Cannon s'accorde d'ailleurs avec divers faits antérieurement connus. On a établi qu'un repas essentiellement hydrocarboné est rapidement évacué dans le duodénum, tandis qu'un repas essentiellement protéique est plus longtemps retenu dans l'estomac. Or, on sait que ces deux repas engendrent une sécrétion gastrique psychique qui ne diffère pas essentiellement; l'examen de la sécrétion du cul-de-sac gastrique de Pawlow l'établit d'une façon très nette. Les différences observées quant à l'évacuation doivent être expliquées par la propriété que possèdent les substances protéiques de fixer sous forme de combinaisons, d'ailleurs peu stables, l'acide chlorhydrique du suc gastrique, tandis que les hydrocarbonés ne le fixent pas. L'acidité libre du contenu gastrique augmente dès lors beaucoup plus rapidement à la suite du repas hydrocarboné qu'elle n'augmente à la suite du repas protéique, pour une même quantité de suc gastrique sécrété.

M. W. B. Cannon examine quelques faits qui semblent à première vue en désaccord avec sa théorie. C'est ainsi que l'eau ingérée seule passe très rapidement dans le duodénum, bien qu'elle ne détermine pas la sécrétion d'un suc gastrique acide. C'est ainsi que le blanc d'œuf cru ingéré seul est rapidement évacué dans le duodénum, bien qu'il ne détermine pas plus que l'eau la sécrétion d'un suc gastrique acide. Il présente quelques considérations destinées à écarter les objections basées sur ces faits, qu'on pourrait élever contre sa théorie. Ces considérations ne sont pas sans valeur, mais elles devront recevoir une justification expérimentale qui n'est pas encore faite.

M. W. B. Cannon fait remarquer, en terminant, l'importance physiologique que présente la rétention des matières alimentaires dans l'estomac. Grâce à cette rétention, et par suite de l'action exercée sur la muqueuse gastrique par les matières extractives des aliments ou par les protéoses qui en dérivent, la sécrétion chimique est provoquée, sécrétion qui augmente la quantité d'acide contenu dans le chyme. Grâce à cette rétention, la digestion gastrique est poussée plus loin et l'effort digestif du pancréas et de l'intestin est d'autant réduit. Grâce à l'acidité plus grande du contenu gastrique, le chyme plus acide provoque, en passant dans le duodénum, une sécrétion ou une excrétion plus abondante des liquides digestifs intestinaux. Grâce à cette rétention, les matières déversées dans le duodénum se mélangent plus facilement et plus intimement avec les sucs digestifs avant l'arrivée de nouvelles matières gastriques.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Les travaux géographiques de la Mission Arnaud-Cortier au Sahara. — La Mission dirigée à travers le Sahara par M. le capitaine Edouard Arnaud, avec le lieutenant Cortier comme second, avait surtout pour objet une étude d'organisation militaire saharienne[1]; mais elle a été aussi l'occasion de très importantes reconnaissances géographiques, au cours desquelles de nombreuses observations astronomiques ont été exécutées, non seulement sur 1.200 kilomètres d'itinéraires nouvellement levés et parcourus, mais encore sur des itinéraires qui n'avaient été levés jusqu'ici qu'à la boussole. Enfin nous rappelons que, grâce surtout à la nouvelle jonction opérée par cette Mission, venue du Nord, avec des détachements partis de l'Afrique Occidentale, elle aura eu de notables résultats politiques et aura utilement contribué à la pacification définitive du Sahara.

Partie d'Alger le 15 février 1907, la Mission atteignit Adrar, dans le Touat, le 4 mars, puis In-Salah le 15. Elle quitta ce point, le 18 mars, avec un détachement de méharistes, commandé par le capitaine Dinaux, de la compagnie du Tidikelt, qui partait en tournée vers le Sud, et avec le Père de Foucault, l'explorateur du Maroc aujourd'hui installé au Hoggar, où il se livre à des observations scientifiqnes.

Tandis que le capitaine Arnaud s'occupait plus spécialement de la partie militaire, qui constituait l'objet même de la Mission, tenait le carnet de route et enregistrait les différentes observations barométriques et météorologiques, le lieutenant Cortier, plus spécialement chargé de la partie géographique, levait au 1/100.000, à partir d'In-Salah, l'itinéraire parcouru, tenait le carnet des montres et exécutait les observations astronomiques.

Depuis les Oasis jusqu'à l'Adrar des Iforas, la Mission parcourut une région en grande partie montagneuse, où le sable a presque totalement disparu; on passe par une succession de vallées plus ou moins larges et profondes, que séparent des chaînes et des massifs bien marqués. D'In-Salah à la Koudiat du Hoggar, sur plus de 600 kilomètres, le terrain s'élève insensiblement, passant de 300 mètres à plus de 2.000 mètres, au mont Ilamane.

Après avoir traversé le plateau gréseux du Mouydir par les pittoresques gorges du Takoumbaret, la Mission suivit, depuis Arak, un itinéraire nouveau à travers une région de terrains granitiques et éruptifs. Des observations astronomiques, faites par le lieutenant Cortier, permettront de placer exactement l'itinéraire parcouru. La Mission atteignit le Hoggar à In-Amjel, le 3 avril.

Le Hoggar a vraiment l'aspect d'une région de haute montagne, avec ravins, gorges, torrents. La Koudiat du Hoggar, noyau éruptif, qui dresse ses sommets à plus de 1.000 mètres au-dessus de la région de Tamanrasset-Tit-Abalessa, a soulevé et percé la masse des terrains cristallins environnants, et se prolonge par une série de sommets plus ou moins espacés, vers le Nord jusqu'au soulèvement porphyrique d'Arak, vers le Sud-Est et le Sud-Ouest jusqu'aux régions granitiques de l'Aïr et de l'Adrar des Iforas. Tout autour s'appuient, lui formant une ceinture, les grès dévoniens qui constituent de nombreux plateaux : Tassili des Azdjer et Mouydir au Nord, Adrar-Ahnet à l'Ouest, Tassili de l'Adrar et du Hoggar au Sud, Tifedest à l'Est. Grâce à son altitude moyenne de 1.400 à 1.500 mètres, le Hoggar constitue une région relativement tempérée.

Le lieutenant Cortier se rendit avec le Père de Foucault à Tamanrasset, pour déterminer la position de cet important arrem (centre de culture), qui n'avait jamais été calculée. Il fit aussi de nombreuses observations astronomiques à Endid, Silet et In-Ouzel et détermina la position d'Adjelman-Tamada, point d'eau situé sur le flanc nord-est du Tassili de l'Adrar, à la limite des schistes du Silurien, et qui partage en deux la longue route du Tanesrouft. Cet itinéraire, pour la première fois reconnu, est le chemin le plus court pour aller du Hoggar à l'Adrar des Iforas, mais il est très pénible. Les pays qui, en raison de leur nature, ont été appelés « tanesrouft » ou « pays blancs » sont de vastes espaces couverts d'arènes granitiques, des zones désertiques absolument dépourvues d'eau et de pâturages.

C'est à In-Ouzel que la Mission Arnaud-Cortier entra dans l'Adrar des Iforas. Le 28 avril, parvenue à Timiaouin, elle opéra sa jonction avec deux détache-

[1] Le volume que viennent de publier MM. Arnaud et Cortier : *Nos confins sahariens* (Paris, Emile Larose, 1908), contient le résultat des études faites par les deux officiers sur l'organisation militaire saharienne. Le capitaine Arnaud expose le programme qu'il conviendrait d'appliquer sur les confins sahariens de l'Afrique occidentale, et qui consiste dans une organisation rationnelle des corps de méharistes, similaire de celle qui a donné de si bons résultats dans les Oasis du Nord. M. le lieutenant Cortier a donné, dans le même ouvrage, des détails sur le fonctionnement des compagnies méharistes algériennes et indiqué dans quelle mesure le même fonctionnement pourrait être établi dans le Sud.

Digitized by Google

ments de méharistes soudanais commandés par les capitaines Cauvin et Pasquier, et venus, l'un de Bamba, l'autre de Gao.

Tandis que le capitaine Arnaud et le capitaine Pasquier gagnaient Gao par un itinéraire nouveau, long de 590 kilomètres, coupant près de Sendematt et à Kidal l'itinéraire de M. Gautier, et passant par l'oued Takellout, reconnu en 1904 par le lieutenant Jérusalémy, le lieutenant Cortier poursuivait l'exploration du pays des Iforas, afin d'y continuer la série des observations astronomiques commencées au Hoggar, de recouper en diagonale les itinéraires déjà exécutés dans ce pays et d'étudier les mœurs et coutumes de leurs habitants.

Le lieutenant Cortier vint camper à Tessalit, puis repartit vers le Sud en longeant la bordure ouest des montagnes. Il visita successivement tous les villages ou points d'eau importants de l'Adrar. Il passa par In-Tebdoq, Dourit, Telia, Es-Souk, Kidal, Gounham, et gagna à son tour le Niger à Gao, le 8 juin. Au cours de cette exploration, M. le lieutenant Cortier a relevé dans l'Adrar douze positions astronomiques nouvelles, entre 18° et 20° de latitude Nord et 2° Ouest de longitude et 1° Est.

C'est en 1904 seulement que, pour la première fois, l'Adrar a été parcouru par le capitaine Theveniaut ; il n'a publié de ce voyage aucun document cartographique. Mais M. Villatte, ancien membre de la Mission Foureau-Lamy, qui accompagna le commandant Laperrine jusqu'à Timiaouin, où se produisit la rencontre avec le capitaine Theveniaut, releva alors quelques positions dans le nord de l'Adrar. Le pays a été ensuite visité, en 1906, dans sa partie nord, par le lieutenant Clor, accompagné de MM. Gautier et Chudeau, puis traversé par M. Gautier seul. L'exploration du lieutenant Cortier est la plus complète qui ait été faite de l'Adrar.

Aidé par les itinéraires des divers groupes d'officiers algériens et soudanais, et tenant compte des travaux de ses devanciers, M. Cortier a pu réunir les éléments d'une carte d'ensemble d'une partie considérable du Sahara. Cette carte, au 750.000e, sera appuyée sur les positions relevées en 1904 par M. Villatte (triangle In-Ouzel — Timiaouin — Tin-Zaouaten)[1]. En outre, les travaux du lieutenant Cortier permettront de souder le canevas astronomique établi par M. Villatte et le lieutenant Nieger dans le Sahara algérien avec la ligne astronomique déterminée, en 1906, par le lieutenant Schwartz entre Dakar et Tombouctou.

En même temps que le lieutenant Cortier a rapporté d'importants documents pour l'établissement de la carte, il a réuni aussi des renseignements de toute nature sur le pays des Iforas, sur ses productions, sur les mœurs des habitants et sur leur langue, le tamachek.

L'Adrar des Iforas (adrar veut dire « montagne ») est un massif de roches primitives, avec des lambeaux de terrain silurien, dont le relief a été déterminé par des soulèvements à peu près orientés selon le méridien magnétique et, par conséquent, à peu près parallèles à ceux du Hoggar. Par endroits, la roche éruptive a percé et s'est répandue sur le terrain archéen, déterminant des collines anguleuses de granits et de porphyres. Mais le soulèvement qui a déterminé ce massif n'est pas comparable en intensité à celui du Hoggar et les collines dépassent rarement d'une centaine de mètres le fond des vallées.

Ce pays était d'autant plus intéressant à connaître que, se ressentant de sa situation méridionale dans le Sahara, il est loin d'être déshérité. Les troupeaux, qui sont nombreux, trouvent à pâturer en toute saison, soit dans les adrars, soit dans les dépressions. Grâce à leurs troupeaux et à la végétation du pays, les habitants peuvent se suffire à eux-mêmes. Le bétail est leur monnaie d'échange.

L'Adrar fut habité par des sédentaires. On y rencontre çà et là des vestiges de murailles. Es-Souk, dont M. Cortier visita les ruines, d'ailleurs informes, fut un marché important de l'empire sonrhay. Dans toute la région qui s'étend entre l'Adrar et le Niger, on rencontre de nombreux tumuli avec des débris de poterie, des pointes de flèche en silex, des haches et des meules en pierre. On fait remonter à trois cents ans seulement l'époque à laquelle l'Adrar et toutes les régions sahéliennes de la rive gauche du Niger étaient occupées par des sédentaires sonrhays.

Gustave Regelsperger.

[1] Elle a été publiée dans le numéro du 15 avril de *La Géographie*.

§ 6. — Sciences diverses

Le mouvement scientifique en Amérique. — M. le Professeur Raphaël Blanchard a fait récemment, à l'Alliance française, une intéressante conférence sur le mouvement scientifique en Amérique. Il a montré le remarquable développement qu'y prennent les établissements d'enseignement supérieur, et les puissants moyens d'action dont disposent les Universités, corporations privées, fondées et richement entretenues par la générosité des citoyens, disposant de ressources insoupçonnées en Europe, appelant à elles ou formant sur place des maîtres d'une haute culture et constituant ainsi d'actifs foyers scientifiques.

L'intensité de la vie scientifique ne se manifeste pas seulement dans les Universités, mais aussi dans des fondations particulières, créations des Carnegie, des Rockfeller, et autres rois de la démocratie américaine. Dans ces établissements, ni cours, ni examens, ni scolarité d'aucune sorte ; mais des laboratoires où des savants, largement rétribués, n'ont d'autre devoir et d'autre souci que de faire progresser la science suivant leurs aptitudes. Des établissements de ce genre existent à New-York pour l'étude des maladies parasitaires, à Philadelphie pour l'Anatomie, à Pittsburg pour les sciences naturelles. On en pourrait citer beaucoup d'autres.

Le Gouvernement américain, lui aussi, contribue de la façon la plus efficace à ce mouvement remarquable. C'est ainsi que le Ministère de l'Agriculture a créé d'importants services de sciences appliquées, qui ont élucidé nombre de questions scientifiques, en même temps qu'ils ont rendu à l'élevage et à la culture de réels services. Le Bureau de l'industrie animale, les divisions d'Entomologie, d'Ethnographie, de Géographie, de Géologie, etc., ont leur siège à Washington ; celle des Pêches, qui a tant fait pour la pisciculture marine, est installée à Woodshole (Massachusetts).

En somme, l'Etat donne des sommes considérables aux établissements soumis à son contrôle, et les particuliers en font autant pour les établissements libres. Tel est le secret fort simple du développement des établissements scientifiques dans l'Amérique du Nord. Car, pour lutter sur le terrain pacifique de la science, aussi bien que sur les champs de bataille, l'argent est plus que jamais le nerf de la guerre. Il serait nécessaire qu'on le comprenne en France et qu'on apprenne à doter largement les Universités et surtout les Facultés des Sciences et de Médecine, dont les recherches nécessitent des dépenses toujours trop considérables pour les faibles crédits dont elles sont pourvues.

L'éducation de la classe riche est à faire en France, dans ce sens précis, et ce serait faire une bonne besogne que d'en convaincre l'opinion. Sans doute, nous manquons de Carnegies, mais pourtant que de fortunes gaspillées à des besognes puériles qui auraient pu servir le progrès scientifique et, par suite, contribuer à l'amélioration de l'état social !

Digitized by Google

LES TYPES HUMAINS INFÉRIEURS DU SUD-EST DE L'ASIE

Refoulés dans les forêts et les chaînes rocheuses de l'Asie tropicale, nous trouvons des débris de peuples singuliers, qui se tiennent à l'écart des nations à civilisation plus ou moins avancée qui les entourent et qui nous paraissent comme les restes d'une couche humaine ancienne différant de celle d'aujourd'hui, couche qui, dans le passé, a été un jour dominante et qui nous semble à tort se prolonger dans le présent, en quelque sorte comme des fossiles vivants. Parmi ces populations, les plus anciennement connues sont celles des *Weddas* de Ceylan, le membre le plus célèbre de tout le groupe, puis quelques autres peuplades des forêts et des montagnes de l'Inde anglaise.

Il y a peu d'années encore, on croyait qu'en dehors des régions sus-mentionnées, c'est-à-dire Ceylan et l'Inde anglaise, il n'existait pas ou, plutôt, il n'existait plus de restes de la *couche weddaïque*, ainsi que, mon cousin Paul Sarasin et moi, nous avons nommé ces débris de race.

L'excellente monographie de Martin, de Zurich, sur les races de l'intérieur de la Péninsule malaise nous a appris, toutefois, que les *Senoïs*, petites tribus sauvages de l'intérieur montagneux couvert de forêts, doivent sans aucun doute être rattachés également à ce groupe. L'extension actuelle de la couche weddaïque sur une complexe étendue de pays était ainsi démontrée. Puis vint notre découverte, à Célèbes, des *Toálas* et de leurs parents, petits restes de race, asservis par les Toradjas et les Bugineses qui les entourent et employés souvent comme esclaves. Par cette découverte, la limite orientale d'extension de la couche des Weddas était repoussée jusqu'aux îles de l'Archipel indo-australien, et le réservoir de ces types humains, tant dans l'archipel que sur le continent asiatique, n'est certainement pas épuisé.

Sumatra possède incontestablement des restes weddaïques dans ses *Kubus*, étudiés récemment par Hagen d'une façon approfondie, et dans d'autres tribus. On acquiert, de l'étude de la littérature, l'impression qu'à l'origine tout Sumatra (comme nous l'avons également prouvé pour Célèbes, en partie à l'aide de vieux récits transmis) était recouvert d'un réseau de tribus weddaïques, dont, comme à Célèbes, il ne reste plus qu'une faible fraction qui va disparaissant. La masse principale a certainement été anéantie; une autre partie s'est fondue dans les races supérieures, chez lesquelles des types inférieurs réapparaissent toujours en proportion variable suivant la quantité du sang mêlé. D'après les communications de Hagen, c'est surtout le cas chez les Gayos et les Alas, plus rarement et d'une façon plus atténuée chez les Battaks.

Des éléments weddaïques paraissent exister ensuite à Banka, Billiton et dans les îles de l'archipel de Riouw. Quelques rameaux des Dajaks de Bornéo s'y rattachent très vraisemblablement, et il n'est pas jusqu'aux Philippines où des restes de cette race ne puissent être décelés. Enfin, à l'est de Célèbes, de Flores jusqu'aux îles Aru et Kei en passant par Timor et Ceram, il semble, d'après des indications isolées de la littérature, que la recherche d'éléments weddaïques n'est pas dépourvue de perspectives.

Sur le continent asiatique même, on peut s'attendre encore à d'autres découvertes dans cette direction. Martin, Fritsch, Hagen et d'autres ont signalé, en Indo-Chine, au nord de la Péninsule malaise, des restes de tribus sauvages qui prolongent leur existence à côté de peuples entièrement ou à demi civilisés; la plupart ne sont encore connues que par leur nom, par exemple au Cambodge, au Siam, dans l'Annam, au Laos et peut-être même jusqu'en Chine. Semblable à un voile ténu maintes fois déchiré, une couche de formes humaines weddaïques s'est déposée sur d'immenses parties de l'Asie et des îles avoisinantes, partout refoulée, poursuivie et proche de l'extinction.

Notre première tâche sera donc d'indiquer rapidement quels sont les caractères essentiels qui nous donnent le droit de rassembler sous un point de vue commun des lambeaux de peuples si dispersés. Pour cela, nous nous en tiendrons exclusivement aux trois seules races aujourd'hui assez étudiées dans ce but : les Weddas de Ceylan, les Senoïs de Malacca et les Toálas de Célèbes, les premiers étant séparés des derniers par 40 degrés de longitude.

I

Un coup d'œil jeté sur nos figures (fig. 1 à 7), qui montrent des représentants des trois tribus nommées, indique immédiatement qu'un lien de parenté étroit les unit. La figure 1 représente un homme Wedda des monts Danigala, à l'est de Ceylan; c'est un des meilleurs, si ce n'est le meilleur type du Wedda sauvage authentique, actuellement en voie de disparition, que nous ayons jamais rencontré. Nous avons pris cette photographie en 1890, et l'hiver dernier nous avons retrouvé cet homme en pleine santé; toutefois, il ne se souvenait plus de nous. La femme (fig. 2) est aussi un représentant remarquable du type wedda sauvage.

Digitized by Google

Le jeune homme (fig. 3) est originaire d'une colonie au nord du Danigala; c'est un Wedda villageois ou demi-civilisé. Les figures 4 et 5 reproduisent des hommes Senoïs de la péninsule de Malacca; je les dois à l'obligeance du Professeur Martin, qui a pris ces photographies et les a aussi reproduites dans son grand ouvrage. Enfin, le garçon et la jeune fille sont des formes des Célèbes, provenant du sud de la péninsule sud-orientale, où, par suite de l'isolement considérable de cette région, très difficile d'accès à cause de ses marais et de ses forêts, la population originelle s'est conservée la plus pure. Nous avons réuni toutes ces peuplades et ces restes de peuplades dispersées sur l'île de Célèbes sous le nom de « couche des Toálas », quoique, dans son sens étroit, le nom de Toála, qui signifie homme des bois, n'appartienne qu'à une de ces tribus.

Ce qu'il y a de commun à tous ces types, c'est d'abord le développement du corps au-dessous de la moyenne, qui les laisse notablement en arrière des peuples civilisés qui les entourent. Chez les Weddas et les Toálas, les hommes ont à peu près la même taille moyenne de 157,5 et 156 centimètres; les Senoïs sont encore plus petits : 150 à 155 centimètres suivant les tribus. Tous trois sont donc des formes d'hommes à faible stature, quoique non pygmées.

Ce qu'ils ont encore de commun, c'est une couleur de la peau plus sombre que celle de leurs voisins, puis des cheveux très ondulés ou même à boucles étroites, qui, là où les ciseaux ne sont pas intervenus, entourent et ornent la tête comme une crinière. Tous trois appartiennent à ce que nous avons appelé le groupe humain cymotriche ou à cheveux ondulés dans ses degrés inférieurs.

Une autre ressemblance est fournie par la barbe clairsemée, constituée par une barbe de bouc frisée au menton et une légère moustache, ainsi que par la faible quantité de poils sur le corps.

On remarque encore la concordance de la forme du visage, qui apparaît large, abaissé, anguleux et devenant rapidement plus étroit vers le bas, comme terminé en pointe. Les trois branches se distinguent par là de leurs voisines, qui présentent toujours un visage plus allongé et arrondi en ovale. Ensuite, on observe fréquemment, chez les peuples qui nous occupent, un écran sourcilier osseux et une glabelle proéminente, qui font paraître les yeux profondément enfoncés, ainsi que la base du nez. La structure du nez concorde aussi, avec son dos peu élevé, son profil souvent concave et ses ailes largement saillantes; un pli latéral réunit fréquemment le nez à la peau des joues.

Fig. 1. — *Perikabalai, homme wedda des Monts Danigala, à Ceylan.* (Extrait de P. et F. Sarasin : Die Weddas von Ceylon.., pl. III, fig. 2.)

Chez les trois tribus, la région des lèvres, généralement très bouffie, fait saillie en forme de cône sous le nez, ce qui se traduit sur le crâne par de la prognathie alvéolaire, c'est à dire de la dentition oblique; mais, ce qui est remarquable, celle-ci n'est liée à aucune ou à une prognathie modérée de la mâchoire entière. Le menton est le plus souvent fuyant.

La formation du pied est aussi très caractéristique : son élargissement flabelliforme vers le devant, la faible concavité de ses bords, la lacune béante entre le gros et le second doigts et la rotation en dedans des quatre doigts extérieurs vers le doigt intérieur, où nous croyons devoir constater un souvenir du pied de grimpeur ancestral. D'après Martin, les Malais civilisés distinguent fort bien les traces de pas des Senoïs des leurs, bien qu'ils passent eux-aussi toute leur vie sans chaussure; la différence de la trace des pas doit donc posséder un fondement anatomique. Il en est de même chez les Malais de Sumatra pour les traces de pas des Kubus.

Comme on le comprend, le squelette des Weddas et celui des Senoïs présentent aussi des concordances avancées, qui, pour autant que les rares ossements des cavernes des anciens Toálas trouvés par nous (il nous a été impossible de nous pro-

Digitized by Google

curer des squelettes de Toála récents) nous permettent de tirer une conclusion, se vérifient également pour ce dernier groupe.

Les crânes sont extraordinairement petits, donc de faible capacité, les cavités orbitaires grandes et hautes et souvent abritées par un écran osseux, l'intervalle entre les deux yeux étroit; l'apophyse nasale de l'os frontal descend profondément entre les orbites; les os nasaux sont petits, la plaque de l'os ethmoïde étroite, et l'os temporal présente souvent des anomalies de formation. A cette description, on peut encore ajouter comme caractères communs : la concavité de la région lombaire, un même angle de torsion de l'humérus, un interstice béant entre l'ulna et le radius, une longueur relativement grande de l'avant-bras par rapport au bras et un squelette du pied présentant beaucoup de caractères primitifs. Enfin, les trois tribus se signalent par la gracilité, voire même l'élégance de la structure osseuse, avec un faible développement de toutes les attaches musculaires. Toutes trois se présentent comme des formes sauvages de l'homme à structure délicate.

Fig. 2. — *Tutti, femme wedda de Kolonggala*
(Extrait de P. et F. Sarasin: Die Weddas von Ceylon.., pl. XVIII, fig. 31.)

A côté de ces concordances générales, dont le nombre serait facile à augmenter, les quelques différences que l'on peut constater ne sont pas de grande importance. Elles paraissent, d'ailleurs, très faciles à comprendre, si l'on pense aux périodes considérables qui se sont écoulées depuis que ces tribus se sont éloignées du foyer commun par leurs migrations et combien les peuples plus élevés qui les ont plus tard refoulées et qui les entourent aujourd'hui — les Tamils et les Cingalais pour les Weddas, les rameaux malaisiens pour les Senoïs et les Toálas — les ont modifiées par le croisement. De ces différences, la plus prononcée consiste dans la forme variable de la calotte cranienne : dolichocéphale chez les Weddas, beaucoup plus rarement mésocéphale (chez les Weddas des côtes), elle paraît être généralement mésocéphale chez les Senoïs et se tenir, chez les Toálas, à la limite de la méso- et de la brachycéphalie. Puis les proportions du corps varient aussi : chez les Weddas, les bras et les jambes paraissent longs par rapport à la grosseur du corps; chez les autres, ils sont plutôt courts.

Quoi qu'il en soit en face de la somme élevée de traits concordants, on est autorisé à ne pas accorder un grand poids à ces différences et à tirer la conclusion que les trois tribus que nous avons comparées, les Weddas, les Senoïs et les Toálas, appartiennent à une couche commune très ancienne de populations primitives à cheveux ondulés.

II

Il existe, cependant, outre les ressemblances corporelles, un autre lien qui unit les ressortissants de la couche weddaïque, lien auquel nous sommes enclins à accorder une importance non moins grande : c'est le lien spirituel, *ergologique*, comme nous l'appelons, c'est-à-dire la conformité dans la pensée et le mode de vivre. Chez les tribus Toálas de Célèbes, l'ergologie primitive ne se laisse plus déceler que comme une ombre, à cause de l'influence perturbatrice déjà trop avancée des peuples plus élevés qui les environnent; mais les restes enfouis dans le sol de leurs cavernes répondent à plusieurs questions auxquelles l'état actuel des Toálas ne permet plus de donner une solution. Chez les Weddas et les Senoïs aussi, ces empiètements étrangers ternissent déjà fortement l'image originelle et ils l'auront bientôt effacée jusqu'à la

Digitized by Google

rendre méconnaissable ; cependant, on peut encore ébaucher avec certitude l'esquisse légère qui suit de leur ergologie :

Les Weddas et Senoïs naturels, non encore touchés par la civilisation, sont des chasseurs nomades sans agriculture et sans animaux domestiques, à l'exception du chien, vivant dans les cavernes ou sous les rochers, élevant de petits abris en plein air pour passer la nuit, dormant aussi souvent sans protection. Leur habillement se compose d'une corde autour des reins et d'un tablier sur le devant, fabriqué avec de l'écorce ou avec un mouchoir de troc, occasionnellement en feuilles ou en rameaux touffus. Toute parure corporelle est méprisée par les Weddas ; mais il en est autrement chez les Senoïs. La nourriture est fournie par le produit de la chasse avec l'arc et la flèche ou, chez les Senoïs, avec le tube souffleur, et par la cueillette du miel, des feuilles, des écorces, des fruits et des racines dans la forêt. Toute technique métallurgique, toute poterie, tout tissage, tout tressage de filets et tout appareil de navigation leur font défaut. Tout ce qui se trouve en leur possession en fait d'ustensiles de fer, de pointes de flèches, de fers de haches, de couteaux, provient d'échange avec les tribus voisines plus civilisées. L'organisation de la tribu est surtout patriarcale, sans chef en titre ; le plus vieux ou le plus intelligent est le conducteur et le porte-parole tacitement reconnu d'une famille ou d'un groupe de familles.

Fig. 3. — *Bandeke, homme wedda d'Unapana, près de Pallegama.* Extrait de P. et F. Sarrasin : Die Weddas von Ceylon.., pl. VIII, fig. 11.)

Chaque petite horde possède son domaine de chasse déterminé, dont les limites, les rivières et les rochers sont, dans la règle, strictement respectés par les autres. Le mariage est monogamique, maintenu par un fort sentiment de jalousie, qui peut conduire facilement jusqu'au meurtre d'un rival. Le vol et le mensonge font défaut, ainsi que la guerre. La satisfaction d'une existence dépourvue de besoins, — qui nous paraît pourtant grosse de privations, — la modestie, la bénignité, la reconnaissance, un grand sentiment de la dignité, souvent un orgueil véritable sont les fondements de leur caractère. Cet amour-propre ne se traduit pas seulement chez le Wedda par le fait qu'il repousse tous les raffinements de la civilisation, mais encore en ce qu'il nous désigne, nous Européens, par le terme de *sudu hura*, c'est-à-dire « cousins blancs ». Autrefois même, ils saluaient le roi de Ceylan du terme de « cousin », ce qui aurait coûté la tête à tout autre sujet. Cette position exceptionnelle peut avoir en partie sa raison dans le fait qu'à l'origine le Cingalais considérait le Wedda comme un être à demi surnaturel, une sorte de démon des forêts ; la chronique cingalaise, le Mahawansa, désigne toujours les Weddas comme des Yakkas ou démons. Les Cingalais et les Tamils d'aujourd'hui regardent encore le Wedda comme quelque chose de très différent d'eux, parfois avec dédain comme un animal demi-sauvage. Ainsi, un de nos serviteurs a appelé « roi des animaux », sans raillerie, un vieux Wedda qui venait à nous avec ses gens, et il est certainement resté dans son esprit l'impression que les Weddas ne sont pas des hommes, mais des animaux. Il est très compréhensible que des mauvais traitements résultent souvent d'une telle appréciation.

Au caractère de toutes les tribus weddaïques appartient ensuite une crainte intense des étrangers ; celle-ci, jointe au fait, que nous venons de signaler, de mauvais traitements fréquents de la part des tribus environnantes plus cultivées, a donné naissance à l'institution bizarre des échanges secrets : les produits à échanger sont déposés en un lieu déterminé par les deux parties, qui viendront les chercher sans se rencontrer face à face.

A l'origine, ces tribus n'avaient pas de funé-

Digitized by Google

railles : le cadavre restait sur le lieu de la mort, que les vivants abandonnaient; tout au plus était-il recouvert de feuilles. Aujourd'hui, cela n'arrive plus que rarement. Les idées religieuses sont très peu développées et, sans doute, ont été transmises généralement par les peuples supérieurs.

Les connaissances sont naturellement très minimes. Au milieu d'un peuple bouddhique comme le sont les Cingalais depuis deux mille ans, il est surprenant d'entendre un Wedda, interrogé sur Bouddha, répondre : « Je ne l'ai jamais vu » ; et nous avons connu beaucoup de Weddas qui ne pouvaient pas compter plus loin que « un » et qui exprimaient la pluralité par la répétition de « un » : *eka*, *eka*, *eka*.

Aujourd'hui, où il n'existe plus que quelques centaines de véritables Weddas, on ne peut plus déceler une langue wedda propre; elle a été supplantée par le cingalais, et le même processus s'observe à la frontière du pays des Senoïs pour le malais.

Comment se comportent donc, par rapport à cette ergologie, esquissée à la hâte, des Weddas-Senoïs, les tribus Toálas de Célèbes, en particulier les Toálas de la péninsule méridionale, les seuls que nous connaissons un peu plus que superficiellement? Placés directement sous l'influence buginèse, représentée officiellement par un rajah et un *guru* ou maître musulman, et mêlés souvent avec les Bugis, ils ont naturellement beaucoup perdu de leur nature originelle, et leur langue est devenue la langue bugique. Cependant nous avons été surpris de retrouver chez eux autant de relations ergologiques primitives. Je mentionnerai ici l'habitation dans des cavernes, qui dominait jusqu'à une époque récente, avant les constructions sur pilotis, maintenant usuelles, introduites par les Buginèses, puis les échanges secrets, abandonnés seulement depuis peu de temps. Le rajah actuel nous a raconté qu'il y a vingt-cinq ans, quand son père voulait donner une fête, les Toálas avertis de cela arrivaient dans la nuit avec leurs présents et l'on devait éteindre toutes les lumières dans la maison. Dans une obscurité complète, ils déposaient leurs dons devant la maison et disparaissaient sans être vus. Il faut signaler encore comme très remarquables : l'absence d'une industrie métallique et céramique, la stricte monogamie, l'amour de la vérité, l'absence du vol et les idées religieuses très primitives, comme le montre une sorte de culte des arbres au milieu d'une société musulmane. L'instituteur musulman n'a aucune raison d'être fier de ses efforts, car à toutes les questions aussi bien qu'à celle-ci : « Qui était Mahomet? », la réponse est : « Je n'en sais rien .»

Fig. 4. — *Homme senoï de Kuala Sena* (*Malacca*).
(Extrait de R. Martin : Inlandstämme der Malayischen Halbinsel, pl. II.)

Les Toálas actuels se livrent à l'agriculture (culture du maïs et du riz sec); mais les découvertes dans les cavernes des Toálas prouvent l'existence originelle d'une vie de chasse pure, sans plantes de culture, même sans cocotier. Les Toálas actuels possèdent comme animaux domestiques des poules et des chiens, tandis que dans les cavernes on n'a pu déceler que les derniers, tous les autres animaux domestiques faisant défaut. Les Toálas actuels sont enterrés par le *guru*; mais des restes de squelettes humains trouvés dans les cavernes montrent qu'autrefois les cadavres étaient abandonnés là où la mort avait lieu. En nous basant sur toutes ces constatations, nous nous sentons absolument justifiés à rassembler aussi au point de vue ergologique les tribus Toálas de Célèbes avec les Weddas-Senoïs. La même image ergologique cadre aussi, en général, très bien avec les Kubus de Sumatra et, sans doute, se confirmera

Digitized by Google

encore pour beaucoup d'autres tribus non étudiées jusqu'à présent.

III

Il nous paraît maintenant de toute nécessité de sortir de notre domaine sud-est asiatique et de jeter un coup d'œil très rapide vers l'Australie, dont les habitants primitifs représentent, comme on sait, une variété très nettement caractérisée, de telle sorte qu'un crâne d'Australien se distingue immédiatement entre mille autres. Ergologiquement, les Australiens se tiennent décidément plus haut que les tribus forestières weddaïques que nous avons décrites, et physiquement ils montrent plusieurs particularités. Cependant, nous croyons qu'ils reposent aussi sur une base weddaïque, car il y a une quantité de caractères anatomiques communs; ainsi les cheveux de l'Australien appartiennent au même groupe ondulé ou cymotriche. Isolée dans un pays qui lui appartenait en propre, cette variété s'est développée, à partir de la forme weddaïque originelle supposée, dans des directions particulières. D'autre part, il est clair que les restes weddaïques vivant encore aujourd'hui, tels qu'ils ont été décrits plus haut, ont dû également s'éloigner de la forme primitive qui leur était commune avec les Australiens, aussi bien par les croisements que par leur propre développement, et qu'ils ne représentent plus cette forme primitive sans changement. Autrefois, nous avons essayé de rapprocher les Australiens des Dravidiens de l'Inde anglaise, avec lesquels ils ont en commun une série de caractères physiques et aussi linguistiques, comme quelques savants l'admettent. Aujourd'hui nous pouvons, étant donnée la grande extension de la couche weddaïque primitive, expliquer cette parenté en disant que les Australiens et les Dravidiens se sont développés à partir de formes weddaïques primitives.

Fig. 5. — *Garçon senoï de Semandang.*
(Extrait de R. Martin : Inlandstämme der Malayischen Halbinsel, pl. IV.)

Il est extrêmement remarquable que le sud-est de l'Asie, à côté de sa couche de populations primitives weddaïques, à cheveux ondulés ou cymotriches, en possède encore une seconde, à cheveux laineux ou ulotriches, c'est-à-dire à cheveux de nègres. Si la première ne s'est maintenue qu'à l'état de fractions isolées, on le constate encore davantage pour la seconde, dont les rameaux dispersés sont séparés par de vastes étendues. Entre les petits habitants à cheveux crépus des Iles Andaman, dans le golfe du Bengale, et les Semang de la péninsule malaise qui leur sont sans doute proches parents, il y a 10° de longitude, et entre ceux-ci et les tribus de Negritos des Philippines, il y en a vingt autres. A Célèbes, malgré nos nombreux voyages, nous n'avons rencontré aucune trace d'une variété à cheveux laineux, et nous sommes autorisés à conclure qu'aujourd'hui celle-ci fait certainement défaut. Les Negritos et Papous célébésiques, qui se font jour de temps en temps dans la littérature, reposent tous sur des observations incomplètes ou sur des données manifestement fausses.

Pour trouver des formes correspondant aux tribus citées plus haut, nous devons nous diriger à 100° de longitude à l'ouest, où, parmi les nègres pygmées africains, nous rencontrons des formes humaines homologues. Mais nous ne nous occuperons pas de ceux-ci dans cet article, qui concerne uniquement le sud-est de l'Asie. Nous ne discuterons pas davantage la question difficile de savoir comment les Papous à cheveux également laineux de la Nouvelle-Guinée et des îles voisines ou les Tasmaniens éteints peuvent être en relations avec la couche pri-

Digitized by Google

mitive ulotriche asiatique. Une diagnose analytique analogue à celle que nous avons tentée plus haut pour les trois troncs de la couche weddaïque originelle pourrait également être établie pour les trois tribus asiatiques à cheveux laineux, les Andamanésiens, les Semangs et les Negritos philippins; elle montrerait aussi qu'un lien non seulement physique, mais encore ergologique, unit ces débris de peuples.

IV

Nous voyons donc les couches de populations primitives weddaïque et négritique répandues sur d'énormes espaces de terrain. Ce fait seul présuppose déjà une antiquité reculée pour ces peuples, surtout si nous réfléchissons à la lenteur avec laquelle leurs migrations ont dû s'accomplir. Si nous considérons, en outre, que tous ces peuples primitifs ne sont pas des navigateurs, ou le sont très imparfaitement comme les Andamanésiens, et que leurs ancêtres devaient posséder encore moins cette faculté, nous sommes obligés de conclure que leur extension n'a été possible qu'avec une tout autre forme de la surface de la terre ferme que la forme actuelle. Par exemple, jamais les ancêtres des Andamanésiens n'ont pu atteindre leur habitat insulaire actuel sans qu'un pont de terre l'ait relié au continent.

Fig. 6. — *Idupa, garçon tokéa (couche des Toálas) de Pundidaha, au sud-est de Célèbes.*

(Extrait de P. et F. Sarasin : Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes. *Materialien*.., t. V, 2e partie, pl. IV, fig. 3.)

En nous basant sur la composition de la faune de Célèbes, nous avons pu autrefois, pour l'archipel indo-australien, apporter la preuve qu'à l'époque du Pliocène et jusque très avant dans le Pléistocène un système complet de jonction des terres doit avoir existé. Java, Sumatra et Bornéo furent pendant longtemps en relation avec le continent indochinois; du nord de Bornéo partaient deux ponts, l'un passant par l'île Palawan actuelle, l'autre par l'archipel des Sulu jusqu'aux Philippines; Java était relié au sud de Célèbes et lui fournit une grande série d'espèces animales caractéristiques, dont l'extension exige nécessairement une terre ferme; de même, le nord de Célèbes se prolongeait par les groupes d'îles Sangi et Talaut jusqu'à Mindanao, la plus méridionale des Philippines. Célèbes étendait, en outre, son bras oriental jusqu'aux Moluques, qui, de leur côté, étaient en connexion avec la Nouvelle-Guinée, et cette dernière doit certainement avoir été rattachée temporairement à l'Australie. Pour notre étude, il nous est tout à fait indifférent que toutes ces liaisons de terres, nécessaires en théorie, aient existé simultanément, ou que l'une se soit détruite dès que l'autre se nouait: il nous suffit que, par elles, une grande facilité d'extension sur la terre ferme ait été donnée, non seulement aux animaux et aux plantes, mais aussi aux hommes. Nous sommes fermement convaincus que sur ces ponts de terre, aujourd'hui enfouis en partie dans les profondeurs de l'océan, les migrations de la couche primitive weddaïque-négritique ont eu lieu et que de cette façon l'homme, accompagné du Dingo, a atteint la lointaine Australie.

Quand on compare des membres des différentes variétés humaines aujourd'hui vivantes, hautement développées et spécialisées, — par exemple un Européen du Nord blond, un Cafre du Zoulouland et un Chinois, — les différences paraissent si importantes que la pensée qu'ils sont d'origine différente ne peut être repoussée sans plus d'examen. Le résultat est tout autre quand nous comparons la structure anatomique d'un Wedda ou d'un Senoï à cheveux

Digitized by Google

ondulés avec celle d'un Andamanésien ou d'un Negrito philippin à cheveux laineux. Les concordances anatomiques se multiplient plutôt à mesure que l'on descend l'échelle des variétés humaines; à l'appui de cette loi, Martin est aussi parvenu, dans ses recherches sur les tribus sauvages de Malacca, au résultat qu'au fond ses Semangs et ses Senoïs, qui représentent les couches primitives négritique et weddaïque, ne se distinguent guère que par la forme des cheveux, tandis que les proportions du corps et du visage concordent d'une manière étendue. Nous trouvons donc, chez ces tribus inférieures, un rapprochement commun, très significatif, des caractères anatomiques, qui ne se laisse pas autrement expliquer que si ces formes tendent vers une racine commune du genre humain. Nous avons donc déjà antérieurement désigné les représentants de la couche primitive weddaïque-négritique comme des *variétés primaires* de l'homme, dans la pensée que c'est à partir de ces formes originelles que se sont développées les variétés élevées, plus différenciées. Mais nous insistons encore sur le fait que les témoins encore vivants des variétés primaires ne peuvent plus représenter sans changement ces formes de départ, mais qu'eux aussi, au cours des siècles, ils ont dû s'en éloigner plus ou moins.

Fig. 7. — *Padai, fillette tomüna (couche des Toálas) de l'Ile Muna, au sud-est de Célèbes.*

(Extrait de P. et F. Sarasin : Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes. *Materialien..*, t. V, 2e partie, pl. III, fig. 2.)

Il nous est impossible d'écarter ici une question qui s'impose d'elle-même : Comment se fait-il que nous puissions aujourd'hui distinguer encore des variétés humaines inférieures et supérieures, originelles et progressées, vivant les unes à côté des autres? Pourquoi ne se sont-elles pas également développées au cours des âges? Pourquoi le croisement n'a-t-il pas finalement nivelé toutes les différences? En considérant l'énorme espace de temps pendant lequel l'homme a déjà vécu sur la Terre, la persistance de formes inférieures est, en effet, assez énigmatique, et il est très difficile de donner une réponse satisfaisante à notre question.

On incline très généralement aujourd'hui à reporter à environ deux cent mille ans en arrière de notre époque la période du Chelléen, c'est-à-dire des haches et marteaux de silex amygdaloïdes tels qu'on les a trouvés d'abord dans les alluvions des fleuves français et belges, puis répandus sur une grande partie de la surface de la Terre. Mais ces marteaux de Chelles ne sont certainement pas les premiers outils de l'homme, car ils possèdent en partie déjà une forme agréable, presque artistique; ils présupposent nécessairement des prédécesseurs plus grossiers et encore plus vieux. Si nous accordons quelque créance aux partisans de la théorie des éolithes, des instruments en pierre à feu auraient existé déjà pendant le Miocène, même pendant l'Oligocène. Dans ce cas, l'âge des hommes sur la Terre ne se compterait plus par des centaines de milliers, mais par des millions d'années. Mais nous laisserons de côté cette discussion des éolithes, et nous nous contenterons des traces certaines de l'homme, qui nous ramènent déjà assez loin en arrière, pour répondre assez pauvrement à notre question que, vraisemblablement, un conservatisme prodigieux, comme nous le connaissons chez beaucoup de formes animales, gouverne aussi le développement de l'homme. L'isolement dans des îles ou, ce qui revient au même, dans des régions de forêts vierges étendues, doit être intervenu pour protéger des tribus inférieures contre l'anéantissement et contre un croisement répété, et en même temps pour ralentir ou arrêter tout à fait leur développement ultérieur,

Digitized by Google

tandis que d'autres, placées dans des conditions plus favorables, ont pu progresser physiquement et mentalement.

V

Retournons donc à nos variétés primaires et cherchons à retrouver la trace de leur raccordement avec des formes encore plus primitives. Dans cette recherche de la racine du genre humain, nous sortons de la paix tranquille des montagnes ou des forêts primitives pour entrer dans l'arène bruyante où se discutent les questions controversées de l'Anthropologie moderne.

Deux manières de voir, qui se rattachent aux noms de Schwalbe et de Kollmann, s'opposent irréductiblement. Schwalbe fait remonter directement les variétés élevées de l'homme actuel, l'*Homo sapiens*, à l'*Homo primigenius* fossile, dont les crânes de Neandertal et de Spy, ainsi que les restes nombreux de Krapina, représentent le type le plus important trouvé jusqu'à aujourd'hui; ces derniers restes sont accompagnés d'une faune interglaciaire, en partie éteinte. Les caractères principaux de ces crânes du *Primigenius* sont bien connus et ont été représentés d'une façon remarquable surtout sur les planches de la monographie que Gorjanović-Kramberger a consacrée aux fouilles de Krapina. Ce sont avant tout un front plat et bas, une faible élévation de la capsule cranienne, un énorme écran osseux sur les yeux, nommé par Schwalbe *tori supra-orbitales*, et formant une lunette osseuse ininterrompue extraordinairement marquée, un maxillaire inférieur puissant sans menton ou seulement avec une formation mentonnière au début, des dents avec de nombreux plis d'émail, etc. Le manque de place nous empêche de citer aussi les caractères du reste du squelette qui diffèrent de la structure de l'homme actuel. Schwalbe rattache cette forme du *Primigenius* au *Pithecanthropus erectus* du commencement du Pléistocène à Java, ce qui paraît achever la liaison avec les Anthropoïdes. On voit que, dans cette chaîne, il ne reste aucune place pour nos variétés primaires, qui sont alors mises de côté par Schwalbe (ainsi que nous le reverrons plus loin) comme des variétés de grandeur locales de l'*Homo sapiens*, correspondant aux races naines de divers animaux.

Kollmann, d'autre part, a recueilli et défendu souvent avec une grande vivacité l'idée de la signification phylogénétique des variétés primaires; à cause de leur taille petite ou au-dessous de la moyenne, il les désigna sous le nom de pygmées ou races naines, dénomination qui n'est justifiée que pour une petite partie de ces tribus, et qui, par contre, pour des formes comme les Weddas, les Senoïs, les Toálas, etc., peut conduire à de fausses représentations. Kollmann fait sortir de ses pygmées les races humaines à grande taille et, pour trouver un raccordement vers le bas, il fait intervenir la loi biogénétique d'Häckel, d'après laquelle le développement de l'individu est une récapitulation de l'histoire de l'espèce. Comme l'homme, à l'âge de nourrisson, possède une capsule cranienne très arrondie sans renflements osseux et que, de même, les jeunes Anthropoïdes présentent une calotte cervicale bien voûtée analogue à celle de l'homme, Kollmann en conclut que l'ancêtre de l'homme doit avoir possédé non pas un front bas et aplati avec des orbites épaissies, mais, au contraire, une capsule cranienne bien bombée et bien arrondie. Cette manière de voir désavoue naturellement la signification phylogénétique des formes plates craniennes, comme l'*Homo primigenius* et le *Pithecanthropus* en présentent : ce ne sont pas, d'après Kollmann, des formes de passage, mais bien des formes modifiées secondairement, des rameaux terminaux de branches latérales mortes de l'arbre du développement humain, de la même façon que les Anthropoïdes vivant aujourd'hui doivent être considérés, non comme des formes de transition vers l'homme, mais comme des rejetons latéraux sauvages, en quelque sorte comme des ornières latérales — sans issues — de la voie de l'évolution. La conception de Kollmann exigerait théoriquement, comme racine du genre humain, un Anthropoïde à petite taille, à crâne rond et structure délicate, du Tertiaire.

La loi biogénétique, quelque précieuses que soient les conclusions sur l'histoire des origines qu'elle a fournies dans beaucoup de cas, — je rappelle, par exemple, les arcs branchiaux des embryons de Mammifères, les plumets branchiaux des jeunes Urodèles et Gymnophions, la tige de la larve de *Comatula*, — est toutefois un instrument qui doit être manié avec beaucoup de précautions. La physiologie du germe développé est conditionnée, comme on le sait, par un grand nombre de perturbations qui troublent l'image pure de l'histoire de la lignée; ce sont les phénomènes dits cænogénétiques. A ceux-ci appartient sans aucun doute l'avance prise par le développement du cerveau sur celui du reste du corps, ce qui nécessite une tête relativement grosse et ronde chez les formes jeunes. Non seulement l'homme et les Anthropoïdes, mais encore tous les Mammifères, et même les Oiseaux et les Reptiles, présentent dans leur première jeunesse une forte prépondérance du volume du cerveau, une sorte de tête soufflée; pour se montrer d'accord avec la théorie précédente, tous devraient donc dériver de formes ayant possédé une tête relativement plus grosse et plus ronde que celle qu'ils présentent eux-mêmes à l'état adulte, — conclusion que personne

Digitized by Google

n'aurait certainement le courage de défendre. Ces faits vont donc à l'encontre du courant d'idées de Kollmann, pour autant que celui-ci se rapporte à la filiation des variétés primaires, ses pygmées.

VI

Notre position (celle de mon cousin Paul Sarasin et la mienne) dans cette question difficile est, dans un certain sens, un essai de conciliation entre les conceptions de Schwalbe et de Kollmann. Comme Schwalbe, nous faisons aussi remonter l'*Homo sapiens* à une forme de *Primigenius*; mais, par là, nous ne considérons pas du tout comme démontré, ni même comme vraisemblable, que les restes de *Primigenius* très fortement ossifiés connus jusqu'à présent et ne provenant que du sol de l'Europe représentent cette forme-souche. Nous pensons plutôt, et ici nous nous rapprochons des idées de Kollmann, qu'une variété de *Primigenius* plus délicate et plus souple, probablement tropicale, doit être mise en évidence comme forme-racine. Les variétés primaires peuvent alors être rattachées sans difficultés à une telle forme. Nous n'envisageons pas celles-ci, avec Schwalbe, comme des variétés de grandeur locales, influencées d'une manière désavantageuse dans leur développement par des circonstances extérieures défavorables quelconques, mais *comme les formes les plus anciennes et les plus primitives, encore aujourd'hui vivantes, de l'*Homo sapiens.

Il nous reste à réfuter en quelques mots la théorie de la dégénérescence, en principe opposée à notre conception et qui voit dans les variétés primaires des formes dégradées de races supérieures. Contre celle-ci nous pouvons invoquer trois séries différentes de preuves : une somatique-ergologique, une historique et une préhistorique.

Ni nous, ni les autres chercheurs n'ont pu trouver de signes d'une dégénération chez les Weddas vivant à l'état sauvage. Dans notre dernier voyage, nous avons eu de nouveau l'impression que les Weddas naturels paraissent mieux nourris et plus solidement construits que les Cingalais villageois habitant le même domaine, et le Dr L. Rutimeyer, qui, il y a cinq ans, a visité ces gens comme médecin, est arrivé à la conclusion qu'il n'existe absolument aucun motif de parler de ces hommes comme de formes dégénérées. De la même manière, Martin a reconnu que les Senoïs et les Semangs de Malacca ne doivent pas être comptés parmi les formes dégradées de l'humanité. En outre, la concordance de toutes ces tribus primitives, séparées par de si larges espaces, aux points de vue physique et ergologique, s'oppose à ce qu'elles puissent dériver par dégénération de variétés élevées très différentes, car, suivant leur origine, elles devraient porter un cachet distinctif. La communauté de tant de caractères physiques et ergologiques saisissants nous contraint, au contraire, à admettre un lien de parenté, une origine unique des variétés primaires.

Passons à la preuve historique. Nous nous bornerons ici aux Weddas de Ceylan et à leurs parents de l'Inde anglaise. Déjà Ktésias, le médecin grec d'Artaxerxès, en l'an 400 environ avant Jésus-Christ, parle de pygmées de l'Inde, petits, noirs, à cheveux longs, à nez écrasé, laids et nus, qui ne peuvent être pris que pour des tribus weddaïques. Ptolémée, au IIe siècle de notre ère, connaît déjà le nom de Wedda, qu'il transcrit par βησείδας. Le récit, datant du IVe siècle, d'un savant de Thèbes, qui a visité lui-même les Weddas de Ceylan, est du plus haut intérêt. Il les nomme βίδσάδες et en donne une description si excellente qu'elle se confirme encore aujourd'hui dans tous ses points essentiels. La petitesse de la taille, la puissante touffe de cheveux, le mouvement continu des yeux, la voix aboyante, la vie dans les cavernes, etc., sont encore la caractéristique évidente des Weddas actuels. Puis nous avons la Chronique cingalaise, le Mahawansa, dont les parties les plus anciennes ont été rédigées au Ve siècle sur la base de documents antérieurs et où, comme nous l'avons déjà dit, les Weddas sont appelés Yakkas ou démons, tandis que l'épopée hindoue Râmâyana désigne simplement les habitants primitifs de Ceylan comme des singes.

Enfin, au VIIe et au XIe siècles, nous avons des renseignements des auteurs chinois et arabes, et ainsi de suite jusqu'à aujourd'hui. Toutes ces sources littéraires montrent que, depuis plus de deux mille ans, les Weddas et leurs congénères sont restés les mêmes, sans changement. Les récits sur les tribus sauvages de l'Inde anglaise et de Ceylan sont donc presque aussi vieux que ceux que nous possédons sur les pygmées de l'Afrique, qu'Hérodote et même déjà Homère nous ont fait connaître.

Cependant, on objectera, quoique certainement à tort, que la démonstration littéraire de l'existence de tribus weddaïques pendant deux mille ans ne prouve pas encore avec une certitude absolue qu'ils ne soient pas des produits de dégénération. En particulier, certains philologues se sont butés de plus en plus à ce fait que la langue actuelle des Weddas est le cingalais et n'ont pas laissé tomber la suspiscion que les Weddas ne sont que des Cingalais en voie de dépérissement.

Les preuves physiques et historiques n'étant pas jugées suffisantes, une seule issue nous reste : chercher des documents plus vieux, préhistoriques, pour démontrer l'âge élevé des variétés primaires.

Or, nous avions déjà réussi à découvrir autrefois.

Digitized by Google

à Célèbes, dans les cavernes qui sont encore habitées aujourd'hui en partie par les Toálas, un âge de la pierre très primitif, de caractère paléolithique, ou, plus exactement, de type intermédiaire entre le Paléolithique et le Néolithique, lequel peut être interprété sans contrainte comme celui des Toálas primitifs. Pour les Weddas de Ceylan, nous avons également apporté l'hiver dernier la preuve préhistorique de leur aborigénéité.

Dans les cavernes de la partie basse orientale de l'île, où vivent encore maintenant les derniers débris des Weddas, on a mis au jour en masse des instruments de pierre du caractère du Magdalénien, par conséquent de la phase la plus jeune du Paléolithique, mélangés aux os rompus d'animaux de chasse. De même, les sommets de mamelons isolés de la chaîne centrale, où les Weddas n'habitent plus aujourd'hui, sont entièrement couverts de ces restes. Ces instruments de pierre : couteaux, pointes, grattoirs, marteaux, etc., sont les représentants d'une industrie particulière, car les matières principales qui ont servi à les fabriquer sont du quartz blanc et du cristal de roche limpide, la pierre cornée rouge ou jaune n'intervenant qu'en seconde ligne.

Dans les cavernes de Ceylan, la couche qui renferme les instruments de pierre est immédiatement surmontée par une couche à tessons de pots, morceaux de briques et ustensiles de fer, par conséquent une couche civilisée moderne, qui doit évidemment son origine à des voyageurs cingalais ou à des ermites bouddhiques. D'après nos connaissances actuelles, le Néolithique aussi bien que l'âge du bronze font défaut à Ceylan, et la Chronique cingalaise, le Mahawansa, reçoit de nos découvertes paléolithiques une éclatante confirmation. D'après celle-ci, les Cingalais, venant de l'Inde, conquirent Ceylan au cours du premier millénaire avant notre ère en chassant une population primitive sauvage. Les trouvailles des cavernes nous enseignent absolument la même chose : un peuple cultivé en possession du fer se superpose immédiatement à la couche paléolithique; que les rejetons de ces paléolithiques soient justement les Weddas aujourd'hui dispersés en petits groupes, c'est là une conclusion si évidente qu'on ne peut s'y dérober. La preuve acquise d'un ancien âge de la pierre à Ceylan écarte, à notre avis, le dernier doute sur l'existence primitive ou l'autochtonie des Weddas. Mais par là est aussi prouvé l'âge reculé de toute la couche primitive weddaïque, et notre vieille conception des variétés primaires de l'homme reçoit, de nos découvertes préhistoriques à Ceylan et à Célèbes, un nouvel et puissant appui[1].

Dr Fritz Sarasin.
Président de la Société helvétique des Sciences naturelles.

LA PROTISTOLOGIE

SON HISTOIRE — QUELQUES-UNS DE SES RÉCENTS PROGRÈS

Après Swammerdam, qui étudia l'organisation des Insectes à l'aide de verres grossissants, Leeuwenhoek (1680-1723) parvint à construire des loupes simples suffisamment puissantes pour rendre visibles des objets jusqu'alors insoupçonnés. Sa grande habileté d'observateur triompha bientôt des difficultés techniques, inhérentes à ces instruments d'un usage délicat, et ce qu'il vit fut une révélation. L'infiniment petit, dont Pascal venait d'avoir la vision vertigineuse en l'opposant à l'infiniment grand, cet infiniment petit était là, visible, vivant, et se mouvant dans une goutte d'eau ou dans les « humeurs d'un Ciron ». Mais un champ si vaste s'ouvrait devant l'observateur qu'il ne put en approfondir les détails, et ce fut vingt ans après que Baker, après avoir beaucoup perfectionné le microscope, fit un traité sur l'usage de cet instrument (1743). Il y décrivit ses observations, qui lui avaient montré, entre autres choses, de nombreux animalcules, chez lesquels son imagination retrouvait tous les détails des organismes supérieurs. A partir de cette époque, les travaux se multiplièrent. Ce sont les belles recherches de Trembley sur l'Hydre (1744) qui firent connaître quelques Vorticelliens; puis un ouvrage de Hill, où quelques noms scientifiques sont attribués à des micro-organismes (1752); un nouveau traité de Baker (1752); un remarquable ouvrage de Joblot (1754-5), où sont

[1] Conférence faite à la 90e Réunion de la Société Helvétique des Sciences naturelles, tenue à Fribourg, en 1907. Sur ce sujet, consulter :

1. R. Martin : Die Inlandstämme der Malayischen Halbinsel. Jena, 1905.
2. P. et F. Sarasin : Die Weddas von Ceylon und die sie umgebenden Völkerschaften, etc. *Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon*, Bd. 3 mit Atlas. Wiesbaden, 1892-1893.
3. P. et F. Sarasin : Versuch einer Anthropologie der Insel Celebes. I. Die Toála-Höhlen von Lamontjong. *Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes*, Bd. V, 1. Teil. Wiesbaden, 1905.

II. Die Varietäten des Menschen auf Celebes (F. S.), *Ibid.*, Bd. V, 2. Teil, 1906.

Digitized by Google

décrits, pêle-mêle, une quantité d'Infusoires, de Rotifères, d'Entomostracés et de larves d'Insectes; les études de Rösel (1746-61), dans lesquelles est signalé, outre des Vorticelliens et le *Volvox*, le petit « Protée », l'Amibe, qui devait faire l'admiration des micrographes. Enfin, Wrisberg, en 1764, réunit, sous le terme d' « Animalcules Infusoires », tous les micro-organismes décrits au hasard par ses devanciers, et publia des « observations sur la nature » de ceux-ci, tandis qu'à la même époque Linné confondait tous les « microscopiques » sous le nom expressif de « Chaos ».

Après les publications de Wrisberg, beaucoup d'auteurs mentionnèrent ou décrivirent, sous le nom d' « Infusoires », tout ce qu'ils virent s'agiter dans le champ de leur microscope; ce furent, entre autres : Pallas (1766), Eichhorn (1775), Spallanzani (1776), Gleichen (1778).

C'est alors que le savant danois O. Friedrich Müller tenta d'introduire l'ordre dans le « Chaos » de Linné. Dans ses *Animalcula infusoria* (1786), il figura une multitude d'espèces classées avec méthode. Cet ouvrage fit époque, et, à partir de ce moment, les Infusoires eurent leur place dans les grands traités de Zoologie. Lamarck (1817) et Bory de Saint-Vincent (1825) discutèrent longuement leur classification, uniquement fondée sur l'ouvrage de Müller. Malheureusement, les figures de celui-ci, excellentes pour l'époque, permettent de reconnaître dans une même famille des Cercaires, des Rotifères, des Nématodes, des Bactéries, des Diatomées et des Infusoires proprement dits. On peut juger par là de la valeur des connaissances que l'on avait alors sur l'organisation des Microscopiques, et on l'excuse aussitôt en songeant que les caractères extérieurs, sommairement observés, étaient encore les seuls guides de l'observateur.

Cependant, le microscope fit de nouveaux progrès, dont une conséquence immédiate fut la publication des *Infusionstierchen*, de Ehrenberg. L'ouvrage fit sensation. Ehrenberg étudia l'*organisation* des Animalcules Infusoires; il les classa en nombreuses familles bien ordonnées, qu'il sépara en deux groupes; le premier comprenait les Infusoires polygastriques : Diatomées, Bactéries, Amibes, Infusoires, etc. : « Animaux sans moelle épinière, sans pulsation des vaisseaux, ayant l'intestin fendu en nombreux estomacs globuleux, la forme indéfinie (à cause de gemmes ou de la division spontanée), les deux sexes réunis, se mouvant (souvent vibrant) par le moyen de faux-pieds, dépourvus de vrais pieds articulés. » Le second groupe comprenait les Rotateurs : « Animaux sans moelle épinière, sans pulsation des vaisseaux, ayant un canal alimentaire simple, tubuleux, la forme définie (ni gemmes, ni division spontanée), à double sexe réuni, pourvus d'organes rotatoires et dépourvus de vrais pieds articulés, ayant souvent un seul faux-pied. » Ces caractères montrent bien que, pour Ehrenberg, les premiers de ces organismes ne diffèrent des seconds que par la disposition de leurs organes, et particulièrement de leur tube digestif. Cet observateur ne pouvait supposer que quelques-uns de ces êtres fussent organisés sur un plan tout nouveau, et il crut découvrir, chez les uns comme les autres, des organes génitaux, des centres nerveux, des organes sensitifs, etc.

Dujardin vit bientôt que les différences étaient autrement importantes entre les deux groupes d'Animalcules Infusoires. S'appuyant sur de patientes observations, que l'absence de parti pris et d'idées préconçues rendait vraiment admirables, il fit table rase des observations de son illustre devancier. Il montra, dans son ouvrage d'ensemble, publié en 1841, que les Infusoires proprement dits sont constitués par une substance fluide, sans organisation, le sarcode; que cette substance peut être enveloppée d'une membrane et qu'elle peut contenir différents corps; enfin, que les prétendus estomacs, décrits par Ehrenberg, ne sont autre chose que des vacuoles ou des gouttelettes d'eau emprisonnées au sein de la substance sarcodique.

A cette époque, Oken et les « philosophes de la Nature » avaient parlé de la « gelée vivante », Hugo von Mohl avait créé le terme protoplasma, Schleiden et Schwann avaient fondé la théorie cellulaire des végétaux. Meyen, en 1839, décrivit les Infusoires proprement dits comme des Animalcules vésiculeux, constitués par une membrane épaisse et résistante contenant un parenchyme fluide; cette structure lui semblait comparable à celle de la cellule végétale. Siebold (1849) et Kölliker (1845) étendirent la théorie cellulaire aux animaux; se fondant sur les observations de Dujardin et de Meyen, ils comparèrent les prétendues *glandes séminales*, décrites chez les Infusoires par Ehrenberg, au noyau de la cellule, le micro-organisme lui-même étant comparable à un élément cellulaire. Cette idée, qui devait être si féconde, fut rapidement combattue par des adversaires tels que Perty, Lieberkühn, Leydig, Claparède et Lachmann. Ces deux auteurs attaquèrent violemment la théorie monocellulaire des Infusoires et des Rhizopodes et attendirent avec confiance « l'acide chromique du sarcode », qui devait rendre visibles les cellules dont il est constitué. Cette idée préconçue les conduisit à rapprocher ces micro-organismes des Cœlentérés.

Une quantité de travaux, chaque jour plus précis, vinrent, à partir de cette époque, enrichir nos connaissances anatomiques et zoologiques sur les Infusoires et les Rhizopodes. En 1867, Stein attira

Digitized by Google

l'attention sur un phénomène remarquable, la conjugaison des Infusoires. Il observa que deux Infusoires s'unissent par la bouche et que chacun d'eux contient un corps transparent volumineux et un corps plus petit finement strié; Stein n'hésita pas à considérer l'un comme un ovaire et l'autre comme un testicule. De la fusion des deux organismes et de la fécondation des œufs résultent des embryons qui s'échappent un jour. Une telle constatation sembla d'abord ruiner la théorie monocellulaire de Siebold; mais Balbiani, dans une série d'admirables recherches, montra que Stein s'était trompé en plusieurs points : les prétendus embryons étaient des parasites.

Il observa l'échange des micronuclei, qu'il prit pour des capsules spermatiques, tandis que les débris du macronucleus lui semblaient être des œufs. Après les recherches de Bütschli en 1876 et les célèbres observations de Maupas en 1889, la véritable nature de ces phénomènes apparut plus clairement. Les prétendus ovaires et testicules furent définitivement considérés comme des noyaux, et une série de recherches, inaugurées par Balbiani, Bütschli, Hertwig, etc., fondait l'anatomie des Infusoires et des Rhizopodes sur des bases nouvelles et démontrait clairement leur nature monocellulaire. La conception de Kölliker et de Siebold n'avait pas, d'ailleurs, été abandonnée, car en 1878, Häckel avait publié le *Règne des Protistes*. L'illustre professeur d'Iéna, admettant la nature monocellulaire des Rhizopodes, des Infusoires et des Algues inférieures : Chromacées et Bactéries, etc., enveloppait tous ces êtres sous la dénomination de Protistes. Exagérant sans doute l'importance de ces formes primordiales de la vie, il prétendait en faire un règne particulier, antérieur à la différenciation des deux règnes végétal et animal et intermédiaire entre ceux-ci. Mais cet ouvrage eut, du moins, le grand mérite d'attirer l'attention sur l'importance des problèmes biologiques soulevés par l'étude de ces organismes inférieurs.

Claude Bernard avait souvent montré que les Protozoaires sont peu favorables aux études physiologiques, à cause de l'existence simultanée de multiples fonctions dans une goutte de matière vivante. Häckel montra qu'une goutte de protoptasma, la Monère, à peine différenciée du monde inorganique et qui avait tenu en puissance les rameaux vigoureux des deux règnes vivants, permet d'expliquer l'origine de toutes ces fonctions. S'appuyant sur la loi de Müller, à savoir que l'embryogénie répète la phylogénie, il montra que tout organisme traverse un stade protiste, et que, par conséquent, non seulement l'étude des différenciations cellulaires, mais encore celle de la formation des organismes métozoaires ou métaphytes, se relie insensiblement à l'étude des êtres monocellulaires.

Ceux-ci sont ordinairement séparés en Protozoaires et Protophytes selon leur mode de nourriture et la présence ou l'absence de cellulose. Cette distinction, souvent arbitraire, permet un partage équitable de ces êtres entre les traités de Zoologie et les traités de Botanique; nous n'aurons pas à en tenir compte ici. A l'exemple de la publication fondée voici cinq ans par le regretté Schaudinn, les *Archiv für Protistenkunde*, nous emploierons le mot Protiste, dégagé de toute signification trop spéciale ou trop philosophique, pour désigner les organismes inférieurs qui sont l'objet de cette revue.

La dénomination de Protiste englobe donc un grand nombre de formes, dont le caractère commun, tel qu'il ressort de l'histoire des études faites sur ces organismes, est la structure unicellulaire. Ce caractère n'est pas toujours absolu. Un grand nombre de Protistes, parfaitement monocellulaires durant une partie de leur existence, peuvent former des colonies, dont les membres, plus ou moins unis, restent associés pendant un temps variable; à un moment déterminé, ces colonies forment des spores qui donneront naissance, après intervention de phénomènes sexuels, à une nouvelle série d'individus monocellulaires. L'ensemble des phénomènes qui se déroulent entre le développement de la première forme monocellulaire et celui des secondes constitue le cycle vital ou le cycle évolutif de l'espèce considérée.

On voit, en ce cas, que, suivant l'importance accordée à telle ou telle phase de son cycle évolutif, une même espèce peut être considérée comme un protiste ou comme un organisme pluricellulaire. Il existe, d'autre part, une question de limite bien difficile à définir. S'il est impossible, par exemple, de séparer l'étude d'un *Bacterium* (bactérie monocellulaire) de celle d'un *Leptothrix* (chaîne de bactéries), il est fort difficile de séparer l'étude de cette dernière forme de celle d'une Oscillaire ou de quelque autre Cyanophycée; nous sommes pourtant ici dans le domaine de la Botanique devant une algue polycellulaire. Admettons donc qu'ici, comme toujours, une classification absolue est purement illusoire.

Un grand caractère, la monocellularité, domine la classification des Protistes; autour de ce noyau gravitent une foule de caractères secondaires étroitement unis à une certaine simplicité d'organisation; impossibles à définir d'une manière générale, ils se dégagent peu à peu de l'étude des différentes formes et de leurs nombreuses affinités et contribuent à former un concept dont les contours imprécis sont la vivante démonstration qu'une série continue relie les formes les plus simples de la vie à ses manifestations les plus élevées.

Digitized by Google

L'étude des Protistes, la Protistologie comme on dit souvent, ne peut donc être considérée comme une science spéciale, comparable à la Zoologie et à la Botanique; mais elle est un peu plus qu'un simple chapitre de celles-ci. Elle apparaît plutôt comme un aspect de l'histoire de la cellule, de la Cytologie, et c'est de là que lui vient son intérêt actuel.

Qu'un Protiste soit plus ou moins mono ou polycellulaire, son étude nous met toujours en face de la cellule, et de la cellule non modifiée par la division du travail; de la cellule vivant pour elle et accomplissant à elle seule toutes les fonctions essentielles de la vie dans les milieux les plus divers. Cela peut donner quelque idée de la multiplicité et de la complexité des problèmes soulevés par l'étude de ces micro-organismes. Qu'il nous suffise de citer les multiples questions qui se rattachent à l'étude des protoplasmas, de leurs propriétés physiques, chimiques et physiologiques; à l'étude du noyau, de son rôle et de son origine, de ses modes de division; à l'étude de la sexualité et de la mort, de la différenciation, de l'adaptation, de la manière de se comporter; à l'étude enfin de l'évolution et des formes primitives de la vie.

Nous rappellerons, avant d'examiner quelques-unes des récentes acquisitions de la Protistologie, que les organismes qui nous occupent appartiennent à deux embranchements du règne végétal : celui des Champignons, avec les Myxomycètes et une partie des Oomycètes (Vampirellées), et celui des Algues, avec les Cyanophycées et les Bactéries et une partie des Chlorophycées (Conjuguées, Cœnobiées, Protococcées et Palmellacées), et qu'ils forment un embranchement du règne animal, celui des Protozoaires, comprenant les Rhizopodes (Amœbiens, Thécamœbiens, Foraminifères, Héliozoaires, Radiolaires); les Sporozoaires (Grégarines, Coccidies, Myxosporidies); les Flagellés (Monadiens, Mastigamœliens, Péridiniens), et enfin les Infusoires.

I. — Le protoplasma chez les protistes.

La structure du protoplasma des micro-organismes a été l'objet de très nombreuses recherches. C'est que, d'une part, cette étude est rendue plus facile par la petitesse de ces êtres et la possibilité d'un examen *in vivo*, et que, de l'autre, il existe une tendance à rechercher dans la structure la plus immédiatement visible la cause des phénomènes manifestés par un organisme quelconque. Chez les Protistes, les manifestations si diverses de la motilité, par exemple, ont toujours suscité dans ce sens la curiosité des chercheurs.

Heitzmann en 1876, Bütschli en 1878, Kunstler en 1882 étudièrent minutieusement la structure de divers Protistes; non point l'architecture de ces êtres, c'est-à-dire les détails généraux de leur organisation, mais la constitution morphologique de leur substance fondamentale. Heitzmann décrivit une structure réticulée, Bütschli une structure mousseuse ou alvéolaire, Kunstler une structure sphérulaire. Vers la même époque, dans le domaine de la Cytologie générale, Flemming décrivait la structure filaire du protoplasma, Altmann établissait la théorie granulaire et Nägeli la théorie micellaire de la matière vivante.

Ces conceptions si diverses de l'organisation du protoplasma ont été l'origine de multiples et remarquables travaux destinés à les prouver ou à les généraliser; mais on vit bientôt combien ces recherches morphologiques étaient décevantes, tant par leurs résultats contradictoires que par la faible contribution qu'elles pouvaient apporter à la physiologie des Protistes. Nous ne sommes guère plus avancés aujourd'hui, mais peut-être distinguons-nous mieux la vraie route.

Tandis que l'écho des grandes discussions s'atténuait peu à peu, les physiciens et les chimistes étudiaient les solutions colloïdales, et l'on vit bientôt comment les résultats de leurs recherches pouvaient et devaient s'étendre à l'étude des protoplasmas, ceux-ci n'étant autre chose que des complexes de substances albuminoïdes et lipoïdes, très instables d'ailleurs. On sait depuis longtemps que ces substances vivantes sont, comme de nombreux colloïdes, précipitées par la chaleur et les acides et dissoutes par les alcalis; ces phénomènes doivent être considérés lorsque l'action d'un réactif permet de déceler une structure dans un protoplasma mort, et Fischer[1] montre, en effet, combien il faut être prudent dans les conclusions relatives à ces formations. L'action de divers fixateurs sur divers albuminoïdes produit les plus belles structures réticulées, filaires, alvéolaires et granulaires que l'on puisse imaginer. Que conclure? On peut descendre, à l'aide de la logique, de la Physico-Chimie à la structure des protoplasmas.

C'est ce que font des chimistes et des biologistes comme Hoffmeister et Mann[2]. Tous deux admettent qu'un protoplasma est un complexe d'albuminoïdes et de substances diverses, telles que les lipoïdes, à l'état de solutions colloïdales; il devrait seulement posséder, comme tel, une structure ultra-microscopique; mais les multiples réactions qui s'effectuent en son sein peuvent transformer plus ou moins certains *sols* en *gels* et créer ainsi des structures. Celles-ci sont même indispensables,

[1] *Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas.* Iena, 1899.

[2] *Protoplasm; its definition, chemistry and structure.* Oxford, 1906.

Digitized by Google

selon Hoffmeister, pour comprendre le fonctionnement d'une cellule, et l'on doit admettre *a priori* que le protoplasma renferme une quantité d'éléments vacuolaires dont les parois hémiperméables séparent les liquides et les ferments qui agissent continuellement et successivement dans le microcosme cellulaire.

On peut encore observer le protoplasma lui-même, minutieusement, avec une technique plus parfaite et en tenant compte de ce qu'enseigne la Physico-Chimie. De nombreux travaux sont faits actuellement dans cette voie, et les Protozoaires ont été fort étudiés à ce point de vue.

Greeley[1] montre que, chez la Paramœcie comme chez le Stentor, le protoplasma est une solution colloïdale dont les particules ont une charge négative; en milieu alcalin, les cathions neutralisent cette charge et provoquent un précipité, c'est-à-dire la coagulation du plasma, tandis que les anions augmentent sa fluidité. En milieu acide, le phénomène finit, au contraire, par s'inverser.

Ces constatations physiologiques d'un haut intérêt, non plus que celles de Kölsch[2], n'apportent pas de détails très précis sur la constitution intime du protoplasma, que Schneider[3] considère comme une substance fondamentale homogène ou hyaloplasma, constituée par un mélange d'albuminoïdes et de lipoïdes, renfermant des granules presque ultramicroscopiques ou tagmes. Ceux-ci correspondraient aux micelles de Nägeli; ils peuvent, en s'associant, former les structures les plus diverses; ces tagmes n'ont pas une existence hypothétique; ils peuvent être mis en évidence par les méthodes histologiques, qui montrent le plus souvent chez les Protozoaires une structure granulaire.

Les granulations visibles sur un Protiste traité par les réactifs sont, d'ailleurs, de valeurs fort différentes. En dehors des granulations plus ou moins micellaires dont il vient d'être question, et du granulum artificiel apparaissant avec la mort, les unes semblent appartenir à l'architecture du microorganisme, tandis que les autres ne seraient que des produits d'élaboration ou d'excrétion, inclus dans la matière vivante, mais étrangers à celle-ci.

Clara Hamburger[4] décrit, chez le *Trachelius ovum*, des corpucules éosinophiles se multipliant par division et qui seraient identiques comme aspect à certains corpuscules que Bütschli et Säftigen avaient considérés comme des Bactéries symbiotiques. Ces éléments peuvent être comparés à ceux qui ont été récemment décrits chez les Opalines, sous le nom de corpuscules de Zeller, par Maier[1] et Bezzenberger[2], et par nous-même chez un Thécamœbien : le *Cochliopodium*[3]. Nous avons d'ailleurs observé ces corpuscules chez une grande quantité de Protozoaires, et les notes inédites du Professeur Balbiani contiennent à leur égard de précieuses observations; visibles dans le plasma vivant, on peut suivre les différentes phases de leur division, qui a lieu un peu avant celle du corps protoplasmique. Ajoutons enfin que ces éléments correspondent, non point aux nombreuses vacuoles de toutes valeurs décrites par Kunstler et ses élèves, mais aux sphérules bien définies qu'ils ont si bien décrites chez de nombreux Protistes et que, tout dernièrement encore, chez l'Opaline, ils assimilaient à un appareil sécréteur[4]. Il semble, en effet, d'après nos observations, que certains de ces *sphéroplastes* puissent produire, soit à leur surface, soit en leur intérieur, divers produits de secrétion. La nature de ces sphérules protéiques qui semblent essentiellement vivantes est fort problématique; de nombreuses considérations ne permettent pas de les considérer comme des bactéries symbiotiques, malgré le curieux exemple d'un tel fait récemment établi par Mercier[5] à propos des corps en bâtonnets du tissu adipeux de la blatte. Comme les leucites, qui existent chez un très grand nombre de Protistes, ces corpuscules appartiendraient donc à l'architecture cellulaire des Protistes. Ordinairement acidophiles après fixation, les sphéroplastes des Infusoires, fixés par l'acide osmique dans certaines conditions, prennent la laque ferrique ou le violet de gentiane. Ils prennent mieux encore la coloration au kristal-violet, imaginée par Benda pour différencier les *mitochondries*. On sait toute l'importance que ces derniers éléments ont acquis en Cytologie générale depuis les travaux de Benda et de Meves; l'aspect des sphéroplastes et leurs diverses propriétés nous semblent autoriser une comparaison entre ces divers éléments; il existerait, en un mot, dans le plasma des Protozoaires un appareil mitochondrial.

Peut-être devons-nous mentionner ici certaines granulations voyageuses décrites par Penard[6] à la surface des pseudopodes de *Chlamydomyxa* et dont cet auteur compare la fonction, encore bien hypothétique, à celle des globules sanguins, car elles seraient chargées d'entretenir la vie dans les

[1] Experiment on the physical struct., etc. *Biol. Bull.*, t. VII.
[2] Untersuchungen über die Zerfliessungserscheinungen der Ciliaten. *Zool. Jahrb.*, *Anat.*, t. XVI, 1902.
[3] Plasmastruktur und bewegung, etc. *Arb. Anat. Zoolog. Inst. Wien*, 1905.
[4] *Arch. für Protistenkunde*, 1903.

[1] *Arch. f. Protistenkunde*, 1903.
[2] *Arch. f. Protistenkunde*, 1904.
[3] *Arch. d'Anatomie microscopique*, t. VIII. — *C. R. Soc. Biologie*, 1904-1906, et *C. R. Association des Anatomistes*, 1906 et 1907, etc.
[4] *C. R. Acad. Sciences*, 1906.
[5] *Arch. für Protistenkunde*, 1907.
[6] *Arch. f. Protistenkunde*, 1904.

Digitized by Google

pseudopodes trop différenciés pour s'alimenter eux-mêmes.

Les granulations qu'il nous reste à examiner n'ont plus, au contraire, aucun rapport avec les éléments précédents. D'aspect souvent réfringent, de dimensions très variables, pouvant disparaître par expulsion ou par dissolution, absorbant la fuchsine et les colorants vitaux tels que le rouge neutre ou le bleu de méthylène, ces grains ont tous les caractères des produits de sécrétion ou d'excrétion cellulaire. Très nombreux dans le cytoplasme des Infusoires, où ils sont souvent associés à des granulations graisseuses, à des cristaux d'urates ou à des grains de pigment, ils ont souvent été décrits. Nous les avons vus se former à la surface du noyau chez le *Cochliopodium*[1] et se répandre ensuite dans le cytoplasma; la pilocarpine excite leur production et il semble possible de les considérer dans ce cas comme des proferments.

Chez les Bactéries, ces éléments ont été beaucoup étudiés, car ils eurent un moment de célébrité lorsque Behring crut voir en eux la substance de sa TV, qui devait, pensait-on, révolutionner la thérapeutique de la tuberculose. Bütschli les observa le premier et les nomma « grains rouges », en raison de la coloration rouge que leur communique le bleu de méthylène. On les nomme aujourd'hui corpuscules métachromatiques ou grains de volutine, depuis les recherches de A. Meyer[2], qui les considère comme des corps de réserve appartenant à la catégorie des hydrates de carbone. Guilliermond[3] admet qu'ils se forment au sein du réseau chromatique chez les Cyanophycées.

Signalons enfin l'existence de certains corps de réserve, rappelant par leur structure quelques globules vitellins, et que l'on rencontre chez divers Infusoires.

On voit donc que le protoplasma, ou plutôt les protoplasmas, car il semble exister autant de matières vivantes que d'espèces et même d'individus, semblent constitués par une substance fondamentale colloïdale, tenant en suspension une quantité de corps divers, les uns vivants et actifs, les autres morts, déchets de l'activité cellulaire. Mais la substance fondamentale peut se différencier hautement et donner naissance à une quantité de structures très importantes dont l'étude nous conduirait trop loin aujourd'hui; nous citerons pourtant, à titre d'exemples, les corpuscules basaux des cils vibratiles, les fibrilles musculaires, les fibrilles de soutien formant quelquefois un véritable cyto-squelette, etc.

[1] *Arch. Anat. microscopique*, t. VIII.
[2] *Botanische Zeitung*, 1904.
[3] *C. R. Acad. Sciences*, 26 août 1905, et *C. R. Soc. Biol.*, 16 décembre 1905.

II. — La question des Monères.

Lorsque Häckel publia, en 1870, sa monographie des Monères, on crut avec lui qu'il existait des Protistes complètement dénués d'organisation, ne possédant pas même un noyau défini. Toutes ces formes, telles que la *Protogenes primordialis*, la *Protomyxa*, la *Vampirella*, disparaissent en tant que Monères devant les nouvelles méthodes histologiques qui ont permis d'en déceler le noyau, et la plus célèbre d'entre elles, le *Bathybius Hæckeli*, n'est même plus considérée comme un corps vivant. La *Chlamydomyxa montana*, protiste paradoxal qui suscita bien des discussions, vient d'être rattachée elle-même au type normal des Myxamœbiens, car Penard[1] a découvert chez cet organisme une quantité de vrais noyaux. Aussi, dans un récent ouvrage[2], Häckel examine à nouveau ce sujet. La question des Monères, pense-t-il, ne peut être résolue négativement parce que l'on a découvert un noyau chez quelques-uns de ses représentants.

Le *Protoamœba primitiva* ne lui a jamais montré la moindre différenciation chromatique, malgré l'emploi des techniques les plus précises, et, quand cela serait, les Bactéries et les Chromacées, qui ne possèdent pas de noyau différencié et sont beaucoup plus simples que le *Protamœba*, seraient un gage suffisant de l'existence actuelle de Monères véritables.

Eh bien, quelles que soient les réserves faites par Häckel, il semble que la question des Monères s'évanouisse aujourd'hui dans ses derniers retranchements. Malgré les négations de Fischer et ses singulières assimilations, les Bactéries et les Cyanophycées présentent un appareil nucléaire plus ou moins différencié, mais parfaitement individualisé au moment de la division.

III. — Histoire de la division indirecte.

Sans revenir aux études de Mitrophanow et Schewiakoff, qui d'ailleurs ont en partie confondu les grains de volutine avec la chromatine, les recherches plus récentes de Schaudinn, Swellengrebel et Perrin ont montré l'existence, chez certaines grandes formes de Bactéries, d'un noyau diffus, constitué par des granulations chromatiques souvent organisées en un filament. Au moment de la sporulation, on observe une concentration de ces grains, c'est-à-dire l'individualisation d'une sorte de noyau; au moment de la division, Swellengrebel signale un dédoublement du filament chromatique spiral chez le *Baccillus maximus*[3], et

[1] *Arch. f. Protistenkunde*, 1904.
[2] *Les merveilles de la vie*. Paris, 1907.
[3] *Arch. f. Protistenkunde*, 1906.

Digitized by Google

Perrin décrit la division des microsomes et de très curieux phénomènes de réduction chromatique avant la formation des gamètes chez le *Trypanosoma Balbianii*, qui est sans doute une Bactériacée.

Chez les Cyanophycées, Guilliermond[1] a mis en évidence un réseau chromatique situé au milieu du cytoplasme et pouvant se concentrer à certains moments comme la chromatine d'un noyau en synapsis; au moment de la division, le réseau s'oriente et rappelle la disposition des chromosomes pendant la métaphase de la cinèse. Kohl[2] et Olive[3] ont décrit des phénomènes plus compliqués, tels que la disposition de chromosomes en plaque équatoriale, leur nombre spécifique et leur division. On voit donc que ces noyaux, de structure tout à fait primitive, montrent déjà d'une manière isolée quelques-uns des phénomènes typiques de la mitose : disposition des grains chromatiques en séries; division longitudinale de ces dernières; plaque équatoriale et dyaster. Chez quelques espèces (*Bacterium gammari*, etc.), dont le noyau serait plus différencié, Wejdowsky[4] et Menel[5] auraient même observé de véritables mitoses avec plaque équatoriale et fuseau de direction. L'existence possible d'une membrane nucléaire chez ces formes nous conduit directement aux *centronuclei* décrits par Olive[6] chez une Entomophtorée (*Empusa*) d'une part, et de l'autre au micronucleus des Infusoires ciliés, dont la division indirecte est bien connue depuis les travaux de Balbiani et de Maupas. Dans ces deux sortes de noyaux, il existe, au moment de la division, un fuseau achromatique typique avec deux pôles aigus, et tout se passe comme s'il existait un centrosome invisible restant au dedans de la membrane nucléaire. Les récentes observations de Prandtl[7] sur le micronucleus de *Didinium nasutum* ont confirmé ces faits, en apportant des détails nouveaux et curieux sur la division de réduction. Nous avons pu suivre, d'autre part, à l'état vivant, la division des micronuclei chez une Vorticellide; on distingue alors parfaitement les fibres du fuseau achromatique qui se réunissent aux deux pôles et les chromosomes qui semblent *glisser* sur ces fibres à la manière d'une gouttelette visqueuse. Ajoutons enfin, sans revenir aux observations de Schewiakoff chez l'*Euglypha*, que des divisions par mitose typique avec centrosome visible ont été signalées depuis longtemps chez les Sporozoaires, et tout récemment par K. Bott[1] chez un Rhizopode, le *Pelomyxa palustris*.

Il est très important de retrouver, à la fois au plus bas et au plus haut de l'échelle des Protistes, chez les Bactéries et chez les Infusoires, ce processus de division nucléaire universellement répandu dans les deux règnes organiques : la karyocinèse; et il est bon de remarquer que le centrosome, considéré comme élément défini, est une formation tout à fait contingente, car l'histoire de la karyocinèse a suscité bien des recherches dans le domaine de la Protistologie et presque tous les auteurs l'ont comprise comme l'étude de l'origine du centrosome. A. Fischer, pourtant, a cherché l'origine de la mitose dans une voie bien différente. Pour lui, le réseau chromatique des cellules de Cyanophycées ne serait formé que d'hydrates de carbone, dont la surproduction nécessite le partage, au moment de la division, entre les cellules-filles. C'est ce qu'il appelle une « Kohlhydratemitose », et il pense que ce mode de division a pu être emprunté par la chromatine lorsque celle-ci s'est différenciée du cytoplasme chez des formes organiques supérieures. Cette hypothèse semble aussi peu valable que la manière dont Fischer interprète le réseau chromatique des Cyanophycées.

Sand a consacré un travail historique et critique fort intéressant à l'étude de l'évolution de la division nucléaire. Il classe les divers modes de division du noyau connus chez les Protozoaires par ordre de complication graduelle, et montre que l'origine du centrosome doit être cherchée dans le nucléolo-centrosome qui existe chez un grand nombre de micro-organismes et qui semble jouer un rôle actif dans la division du noyau; cet élément se serait différencié peu à peu, serait devenu extérieur au noyau comme chez le *Paramœba Eilhardi* (Schaudinn[2]), et serait ainsi devenu l'organe exclusivement cinétique des mitoses typiques. Cette opinion est soutenue par Bütschli, tandis que, pour Lauterborn[3], le centrosome dériverait de l'un des deux noyaux d'*Amœba binucleata*. Pour Heidenhein[4], il pourrait provenir du micronucleus des Infusoires ciliés; c'est aussi l'opinion de Boveri[5], et N. Maria Stevens a récemment montré que, chez le *Boveria*, le micronucléus semble diriger la division du macronucléus; cette interprétation est très peu vraisemblable. S'il existe des opinions si diverses sur cette importante question, c'est que l'appareil nucléaire des Protozoaires n'est pas

[1] *Revue générale de Botanique*, 1906.
[2] *Uber Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle*. G. Fischer, Iena, 1903.
[3] *Beih. Bot. Centralblatt*, 1904.
[4] *Centr. f. Bakt.*, Abt. II, t. XI, 1904.
[5] *Idem*, t. XII, 1904, et t. XV, 1905.
[6] *Botanical Gazette*, t. XII, 1906.
[7] *Arch. f. Protistenkunde*, 1906.

[1] *Arch. f. Protistenkunde*, 1906.
[2] *Sitzber. Akad. Berlin*, 1895, p. 130.
[3] *Verh. deutschen Zool. Ges.*, 1896, p. 131.
[4] *Arch. f. mikrosk. Anat.*, 1894, t. XLIII.
[5] *Verh. d. Phys. Med. Ges. zu Würzburg*, t. XXIX, p. 23, 1895.

Digitized by Google

simple; l'un des plus féconds résultats des études protistologiques est la notion de sa dualité.

Hertwig a observé que, chez l'*Actinosphœrium*, il existe dans le cytoplasme, en dehors du noyau, une substance chromatique disposée en masses ou en réseau dont l'importance varie suivant l'état de l'organisme. C'est la substance chromidiale, capable de former de nouveaux noyaux. Les recherches de Schaudinn[1] ont montré que, chez divers Rhizopodes, les noyaux des spores se forment aux dépens du chromidium, et Goldsmith[2] établit une distinction entre les trophochromidies et les idiochromidies, qui représentent deux sortes de chromatines : la trophochromatine ou chromatine, végétative, qui joue un rôle actif dans la physiologie cellulaire, et l'idiochromatine, ou chromatine reproductive, détentrice des qualités héréditaires.

Cette distinction de deux substances nucléaires, qui avait déjà été faite par Henneguy à propos des rapports de la vésicule germinative et du corps vitellin dans les œufs, paraît devoir être étendue à tous les Protistes. Siedlecki[3] montre que, chez une Coccidie, le noyau renferme un corps central, le karyosome; pendant la croissance de l'organisme, cet élément envoie dans le cytoplasme des particules chromatiques qui se transforment en chromidies, et au moment de la différenciation sexuelle il est rejeté entièrement dans le cytoplasme, tandis qu'un karyosome se reconstitue aux dépens de la charpente chromatique du noyau. Cet élément représenterait donc la partie végétative de l'appareil nucléaire, la trophochromatine, et serait l'équivalent de la substance chromidiale des Rhizopodes et du macronucléus des Infusoires Ciliés, tandis que la charpente chromatique représenterait l'idiochromatine et le micronucléus des Ciliés.

Chez les Opalines et certains Infusoires parasites, ces deux chromatines semblent être intimement unies; mais Cohn[4] et Leuventhal[5] ont montré qu'à certains moments l'idiochromatine pouvait se séparer du noyau de ces organismes et former un micronucleus.

Vahlkampf[6], Neresheimer[7], M. Zuelzer[8] apportent de nouvelles contributions à l'étude de la dualité de l'appareil nucléaire. Il résulte de toutes ces nouvelles recherches que le karyosome, c'est-à-dire la partie végétative du noyau, joue, au moment de la division, le rôle de nucléolo-centrosome. Goldsmith et Popow[1] étudient, dans la spermatogenèse de la Paludine et de quelques Métazoaires, les mitochondries décrites par Benda et Meves; ils pensent que ces éléments proviennent du noyau, dont ils représentent la trophochromatine, et croient pouvoir les comparer à la « sphère » archoplasmique décrite par Ischikawa[2] auprès du noyau de la Noctiluque, au centrosome spongieux de l'*Actinosphærium*, et au nucléolo-centrosome.

On peut douter, malgré le grand intérêt de ces travaux, qu'il soit possible d'établir plus de confusion entre des formations dont on ignore encore la nature et le rôle exact, et dont quelques-unes diffèrent peut-être beaucoup des autres. Quant aux éclaircissements que ces recherches peuvent apporter à l'histoire de la division nucléaire indirecte chez les Protistes, ils paraissent plutôt illusoires. Les observations de Vahlkampf chez l'*Amœba limax*, celles de Hertwig sur le centrosome spongieux de l'*Actinosphærium* et celles d'Ischikawa sur la sphère de la Noctiluque montrent que la trophochromatine peut jouer un rôle dans la division de l'appareil nucléaire; mais rien ne prouve que ce rôle ne soit pas surajouté et ne vienne pas compliquer la mitose plutôt que de l'expliquer. La même interprétation pourrait être étendue aux modes de division aberrants du noyau de quelques Infusoires, tels que le *Spirochona*. Il nous suffira de rappeler que des organismes très inférieurs, chez lesquels tropho et idiochromatine sont encore confondues, présentent des noyaux dont la division rappelle de très près la karyocinèse, et que le micronucleus des Infusoires se divise de la même façon, sans que l'on puisse voir d'autre élément directeur qu'un fuseau achromatique tendu entre deux pôles, dont la signification échappe encore actuellement.

IV. — Le cycle évolutif.

Bien plus intéressante est l'étude du rôle de ces deux substances chromatiques dans le cycle évolutif des Protistes.

Sans revenir sur les recherches déjà classiques de Hertwig et de Schaudinn, qui ont décrit la formation de noyaux aux dépens de l'appareil chromidial, cette importante question a donné lieu récemment à de nombreux travaux. K. Bott[3] semble avoir suivi le cycle complet d'un Rhizopode : le *Pelomyxa palustris*. Le plasma de cet organisme renferme, outre de nombreux noyaux, des grains colorables ou chromidies somatogénératives. Ces grains peuvent grossir, se différencier et former directement des noyaux. Les noyaux peuvent inversement se

[1] *Arb. a. d. kaiserl. Gesundheitsamte*, t. XIX, p. 547, 1903.
[2] *Arch. f. Protistenkunde*, 1904.
[3] *Bull. Acad. Sc. Cracovie*, oct. 1905.
[4] *Arch. für Protistenkunde*, t. IV.
[5] *Idem*, t. III, 1906.
[6] *Idem*, t. III, 1904.
[7] *Idem*, t. VI.
[8] *Idem*, t. II.

[1] *Arch. für Protistenkunde*, t. VIII, 1908, et *Arch. f. mikrosk. Anat.*, 1906.
[2] *Ber. Naturf. Ges. Freiburg*, t. VIII, 1894.
[3] *Arch. f. Protistenkunde*, 1907.

Digitized by Google

résoudre en chromidies. Au début du cycle reproducteur, les noyaux expulsent dans le cytoplasme leur chromatine végétative et conservent leur idiochromatine, qui forme huit chromosomes, tandis que deux centrosomes et un petit fuseau de direction apparaissent dans le noyau. Une division de réduction donne naissance à deux pelotons de quatre chromosomes, qui se condensent et forment deux pronuclei de premier ordre, pourvus chacun d'un centrosome. La division de ceux-ci entraîne une division équationnelle des pronuclei et la formation de pronuclei de second ordre; ces derniers perdent leur membrane et sont simplement constitués par une boulette plasmatique colorable, contenant un centrosome et une masse chromatique qui se divise en deux par amitose; à côté de cette masse apparaît une vacuole dans laquelle diffuse toute la chromatine du pronucleus; celle-ci se condense en un corps central et reconstitue un nouveau noyau. La boulette plasmatique s'est sensiblement gonflée pendant ce temps et s'est transformée en un gamète qui sera bientôt mis en liberté sous la forme d'une petite amibe. La copulation de deux gamètes donne naissance à un zygote, qui s'enkyste bientôt et dont sort une amibe qui reconstitue ensuite un *Pelomyxa* multinucléé.

Chez le *Difflugia*, M. Zuelzer[1] a étudié certains kystes représentant un stade du cycle reproducteur de ce Rhizopode, et a constaté la formation d'une nouvelle génération de noyaux aux dépens de la chromatine contenue dans la substance chromidiale. Calkins[2] reconstitue le cycle vital de l'*Amœba proteus* et montre qu'après une série de bipartitions un individu mononucléé s'enkyste et se segmente en spores qui deviennent des amibes multinucléées comparables à un *Pelomyxa*. Les noyaux de ces amibes se fragmentent en fines particules : chromidies végétatives, et protogonoplasme aux dépens duquel se reconstituent des noyaux ; une évolution sexuelle doit faire suite à ce stade.

Il semble donc, d'après toutes ces recherches, que le noyau disparaisse comme unité morphologique à un certain moment du cycle évolutif et qu'il puisse se reformer entièrement aux dépens de la chromatine isolée dans le protoplasma. Bien des points restent à éclaircir parmi ces phénomènes, car il semble que toutes les phases d'un tel cycle soient loin d'être également bien connues. Chez les Sporozoaires, des recherches analogues sont actuellement faites, et il résulterait d'une note préliminaire de Léger et Duboscq[3] sur l'évolution du schizonte de l'*Aggregata Eberthi* que la continuité morphologique persiste au travers des remaniements considérables dont le noyau peut être le siège. « Si nous n'avions pas réussi, disent ces auteurs, à mettre en relief le spirème achromatique avant et pendant la dissolution du premier noyau, la chromatine morphologique eût semblé disparaître, et nous aurions fait naître le nouveau noyau d'un chromidium, tel que Schaudinn le décrit chez l'*Amœba coli*. Sans rien vouloir préjuger des autres cas décrits de chromidium karyogène, l'histoire de l'*Aggregata Eberthi* montre qu'il faut être circonspect dans de telles interprétations, car l'évolution nucléaire est si complexe et si rapide qu'il est fort difficile de la suivre sans lacunes. »

[1] *Arch. f. Protistenkunde*, 1906.
[2] *Idem.*, 1905.
[3] *Annales de l'Université de Grenoble*, t. XIX, 1907.

V. — L'ÉVOLUTION SEXUELLE.

L'étude du cycle évolutif des Protistes, si importante au point de vue cytologique, l'est plus encore pour l'étude de la sexualité chez ces micro-organismes. Les phénomènes sexuels apparaissent aujourd'hui comme le couronnement, ou plutôt comme le début de tout cycle évolutif. Et, quelle que soit la nature du micro-organisme, ce cycle s'accomplit suivant un schéma général toujours identique : un protiste mononucléé se multiplie un certain nombre de fois par bipartition ; après un certain nombre de générations, une évolution sexuelle conduit à la différenciation de gamètes ; ceux-ci se fusionnent et forment un zigote ou un ookinète qui donnera naissance à une nouvelle série de générations d'individus se multipliant par bipartition. Ce schéma peut se compliquer énormément ou bien se simplifier ; mais, en son essence, il est comparable au développement des cellules de la lignée germinative chez les Métazoaires.

Les travaux de Siedlecki, Schaudinn, Caullery et Mesnil, Léger et Duboscq sont trop connus pour que nous nous attardions à décrire l'évolution sexuelle chez une Coccidie ou chez l'Hématozoaire du paludisme. Disons pourtant que la généralité de ces observations semble s'étendre chaque jour davantage. Quant aux causes déterminantes de la sexualité, leur étude se poursuit actuellement chez les Infusoires sur des données nouvelles, car depuis les recherches de Calkins, de Loisel et de Kulaguin, etc., il semble qu'elles soient en fonction de l'état physiologique de l'organisme et de la composition du milieu. Enriquez, grâce à des procédés d'isolement permettant d'éliminer l'action des *excreta* des Infusoires et des toxines bactériennes, est, en effet, parvenu à cultiver le *Glaucoma* jusqu'à la cent trente-sixième génération sans conjugaison, et sans observer la moindre trace de dégénérescence sénile.

E. Fauré-Fremiet,
Attaché au Laboratoire de Cytologie de l'Ecole des Hautes-Etudes au Collège de France.

Digitized by Google

REVUE ANNUELLE DE CHIMIE MINÉRALE

La Chimie minérale nous a réservé, cette année, la surprise d'un nouveau corps simple. M. G. Urbain, poursuivant ses recherches sur les métaux des terres rares, a découvert dans le groupe *yttrique* un nouvel élément auquel il a donné le nom de *lutécium*. Dans la *Revue* de 1906, nous avons signalé les nombreuses difficultés que l'on rencontre dans l'étude des terres rares. C'est en combinant la méthode chimique (cristallisation fractionnée des sels, en particulier des nitrates) et la méthode optique (examen des bandes d'absorption des différents spectres) que M. Urbain est parvenu à démontrer que l'ytterbium de Marignac n'est pas un corps pur, et qu'il est formé, en réalité, par un mélange de deux éléments de poids atomiques différents. L'un d'eux, l'ancien ytterbium, que M. Urbain propose de nommer le *néo-ytterbium*, a un poids atomique égal à 170; le second est le nouveau métal, le *lutécium*, caractérisé par son spectre et dont le poids atomique doit être voisin de 174. Comme beaucoup de ses congénères, ce métal n'a pas été isolé encore, et nous ne pouvons pas prévoir s'il sera de quelque utilité. On sait que, pendant longtemps, les métaux des terres rares sont restés des objets de curiosité. Leur valeur commerciale s'est révélée tout d'un coup à la suite de l'application qu'en a faite Auer à la fabrication des manchons à incandescence. Qui sait ce que l'avenir réserve au nouveau venu dans la Chimie?

Voilà encore un secret arraché à la Nature. Il a moins ému le grand public que la nouvelle de la transmutation des pierres précieuses. En faisant agir le bromure de radium à haute activité sur les corindons, le Dr Bordas a transformé en peu de temps des corindons incolores en corindons jaunes, analogues aux pierres précieuses connues sous le nom de topazes. Sous la même influence, l'intensité de coloration des topazes naturelles a été fortement augmentée. Sur un rubis, l'émanation du radium change progressivement la teinte; elle devient successivement violette, bleue, verte et jaune. Le rubis est transformé en topaze. Des perles d'alumine, contenant des traces infiniment petites de chrome, passent rapidement au rose, puis au jaune et enfin au rouge. Tous ces phénomènes se reproduisent à la température de l'azote liquide, vers — 190°.

En cherchant à donner une explication de ces résultats, M. Bordas a été conduit à admettre que l'oxydation ne joue aucun rôle dans ces transformations, et que la présence des traces d'oxydes métalliques n'a aucune influence sur la coloration des pierres précieuses. Cette explication est en contradiction avec l'opinion, généralement admise jusqu'à ce jour, sur les colorations si variées des corindons. Suivant la nature de l'oxyde ajouté à l'alumine (oxydes de fer, de chrome, de manganèse, de cobalt, etc.), on change la coloration de la pierre précieuse. Verneuil a pu les reproduire synthétiquement, et aujourd'hui une fabrique de ces pierres artificielles, rubis, saphirs, émeraudes, fonctionne sur les indications données par ce savant.

D'autre part, Berthelot a montré que l'oxydation exerce une influence sur la transformation des pierres précieuses, sous l'action du radium. Dans la séance de l'Académie des Sciences du 8 octobre 1906, l'illustre chimiste faisait connaître des travaux qu'il intitulait : « Synthèse du quartz améthyste et recherches sur la teinture naturelle ou artificielle de quelques pierres précieuses sous les influences radio-actives ». Il montrait qu'un quartz améthyste naturel, chauffé à 300°, se décolore tout en restant transparent. Exposé à l'air libre pendant deux mois, puis à une insolation directe très intense pendant soixante-dix heures, il n'a repris aucune coloration. Soumis à l'influence du chlorure de radium de faible radio-activité, le quartz s'est recoloré d'une manière très nette, malgré l'épaisseur des matières interposées entre le cristal et la substance radio-active. Le quartz amorphe fondu s'est coloré en violet et l'intensité de la coloration s'est accrue avec le temps. La fluorine violette, décolorée par la chaleur, a pris une teinte rosée sous l'action du bromure de radium. D'après Berthelot, « la décoloration de ces pierres par la chaleur est attribuable à la transformation de composés manganiques suroxydés (sels de sesquioxyde probablement) qu'elles renferment en sels de protoxyde incolores sous cette épaisseur, transformation accomplie avec perte d'oxygène. L'oxygène, éliminé par la chaleur, a été probablement chassé en nature, à moins qu'il n'ait été pris par une substance oxydable qui se trouve dans le quartz ». Quant à la recoloration sous l'influence de l'émanation du radium, « elle ne saurait être attribuée qu'à la reproduction du sel manganique par addition progressive d'oxygène emprunté à l'air ». Et, plus loin, décrivant des expériences qu'il a faites sur le cristal qui contient des traces de manganèse, Berthelot montre que ce verre est susceptible de se teinter en bleu violet, sous l'influence d'une insolation prolongée. La même coloration se développe avec une intensité exceptionnelle dans l'intérieur du cristal soumis à l'action des sels de radium. Cette teinte, dit Berthelot, « est attribuable, comme celle du quartz, à la présence

Digitized by Google

de manganèse et à son oxydation, ainsi que j'ai pris soin de le constater expressément sur mes échantillons ».

On voit que ces explications ne concordent pas avec celles du Dr Bordas. De nouveaux travaux sont donc nécessaires pour élucider complètement la question.

D'autres découvertes, dont les résultats extraordinaires peuvent être gros de conséquences en Chimie, ont été publiées dans ces derniers temps par sir William Ramsay. La *Revue* du 30 août 1907, page 651, les a signalées. Elles ont conduit l'illustre chimiste anglais à envisager la possibilité de la désagrégation de l'atome chimique. Ramsay a reconnu, le premier, que l'émanation pseudo-matérielle du radium se transforme en hélium. En faisant dissoudre cette émanation du radium dans de l'eau distillée, il a constaté qu'elle fournit non seulement de l'hélium, mais encore toute la série des gaz nouveaux qu'il avait trouvés dans l'air : l'argon, le néon, le krypton, le xénon. Ramsay, qui a été souvent guidé dans ses recherches par la loi périodique de Mendéléef, devait être frappé de ce premier résultat. Puisque l'émanation radio-active pouvait, suivant son énergie, engendrer les uns après les autres les corps de la famille de l'hélium, de valence nulle, pourquoi n'agirait-t-elle pas de la même manière sur les éléments des autres familles. Et le savant anglais entreprit de rechercher l'action de l'émanation du radium sur les corps de la famille, voisine où la valence, par rapport à l'hydrogène, est égale à l'unité. Cette famille comprend des éléments bien distincts, qui sont, par ordre croissant de poids atomiques : le lithium, le sodium, le potassium, le cuivre, le rubidium, l'argent, le cæsium. On sait que le cuivre peut, dans une certaine mesure, être considéré comme monovalent. Les uns sont très faciles à oxyder; d'autres sont inoxydables. Les métaux alcalins possèdent une activité chimique très grande; le métal noble, l'argent, est peu actif.

Ramsay a soumis une solution saturée de sulfate de cuivre à l'action prolongée de l'émanation du radium. Le cuivre a disparu peu à peu pour faire place à du potassium, à du sodium, et enfin à du lithium, c'est-à-dire à tous les éléments qui sont avant lui dans la famille naturelle, et dont le poids atomique est plus faible. La grande énergie provenant de l'émanation du radium, ou de la destruction de cette émanation, semble avoir dissocié le cuivre en un corps de la même famille, effectuant ainsi une véritable désagrégation de l'atome. Quelles surprises va nous réserver la nouvelle énergie trouvée dans le radium. Produira-t-elle des transformations semblables avec les éléments des familles où la valence augmente? Quelques résultats seraient déjà obtenus; ils sont encore inédits.

« Personne, écrit Ostwald dans le *Chemiker-Zeitung* (n° 59, p. 735, 1907), ne peut méconnaître que nous nous trouvons ici à l'un des tournants les plus importants de la Chimie, depuis l'établissement de la théorie de la combustion. Depuis les essais des alchimistes, on considérait la loi de la conservation des éléments comme si bien établie qu'on ne se donnait même pas la peine de l'indiquer dans les livres élémentaires. Aujourd'hui, cette loi doit être dépouillée de ce qu'elle a d'absolu, et, une fois de plus, l'expérience nous oblige à reconnaître qu'il n'y a rien d'absolu. »

A côté de ces brillants travaux, qui semblent annoncer une nouvelle période d'éclat pour la Chimie minérale, nous trouvons quelques notes éparses sur divers sujets. De nombreux faits isolés ont été publiés; ils complètent une question ou élucident un phénomène mal connu. Il est impossible de les relater dans cette *Revue*. Nous nous bornerons à rappeler ceux qui peuvent rendre quelques services aux Laboratoires et à l'Industrie.

Nous ne trouverons plus désormais, à cette place, les travaux de celui qui fut considéré pendant près de vingt ans comme le grand Maître de la Chimie minérale française. Les lecteurs se souviennent de la place importante que les admirables travaux de Moissan occupaient dans les Revues annuelles de Chimie minérale. Ces travaux lui ont valu, quelques jours avant sa mort, la plus haute distinction mondiale qui puisse être accordée à un savant, le prix Nobel. Rappeler ici le fluor, le four électrique et ses nombreuses applications, le diamant, le calcium, les hydrures métalliques, c'est résumer en quelques mots ce que la *Revue* a longuement développé tous les ans, en suivant pas à pas la brillante carrière chimique d'Henri Moissan.

Cette année encore, nous diviserons les travaux en trois groupes. Un premier chapitre sera consacré aux hautes températures; un second étudiera les métalloïdes; le troisième résumera les découvertes les plus importantes faites sur les métaux et les sels métalliques.

I. — Hautes températures.

Le four électrique, dont l'emploi tend à se généraliser de plus en plus dans l'industrie, continue à être un merveilleux instrument de recherches dans les laboratoires. On aurait pu penser qu'il ne restait plus grand chose à en tirer après les travaux de Moissan et de Lebeau. Cependant, les résultats obtenus cette année semblent indiquer qu'il n'a pas dit son dernier mot. Vanzetti a obtenu des siliciures de fer en fondant au four électrique de la fonte, du sable siliceux et de la chaux. L'un d'eux,

Digitized by Google

de composition FeSi, facilement attaqué par les alcalis fondus ou par le mélange de nitrate et de carbonate alcalins, est identique à celui que Moissan avait préparé par union directe du fer et du silicium. Un second siliciure, non encore isolé, plus riche en fer et de composition Fe^2Si, a été obtenu sous forme d'une poudre noire cristalline, de densité voisine de 7 à 15°.

Par réduction au four électrique de la rhodonite, silicate de manganèse naturel, M. Gin a préparé un siliciure de manganèse Si^2Mn^3 en beaux cristaux prismatiques, d'un éclat brillant, fondant vers 1.300°. C'est un siliciure nouveau, d'une très grande dureté, pouvant rayer le verre.

Jusque dans ces derniers temps, on ne connaissait qu'une seule combinaison du silicium avec le tungstène, le siliciure Si^2Tu^2, obtenu par Moissan en chauffant les deux éléments au four électrique. M. Defacqz a isolé un nouveau composé de formule Si^2Tu par deux voies différentes : en réduisant le siliciure de cuivre par le tungstène amorphe, dans le four électrique; et, en second lieu, en réduisant par la méthode aluminothermique le mélange de silice et d'acide tungstique. Il est constitué par de belles aiguilles prismatiques très brillantes. De la même façon, le siliciure de molybdène Si^2Mo et le siliciure de tantale Si^2Ta ont pu être isolés à l'état cristallin. Ils ressemblent par leurs propriétés au siliciure de tungstène. En ajoutant à cette liste le siliciure de platine SiPt (obtenu par Lebeau), fondant à 1.100°, mais ayant des propriétés chimiques très voisines de celles du platine, nous aurons rappelé les siliciures obtenus cette année. Quel est l'avenir de ces nouveaux composés? On sait que l'industrie utilise depuis bien longtemps les siliciures de fer sous le nom de ferrosiliciums. D'abord obtenus à l'aide des hauts-fourneaux, ils sont produits en grand aujourd'hui depuis l'emploi du four électrique, qui a permis d'accroître leur richesse en silicium. Certains ferrosiliciums livrés par l'industrie ont une teneur de 70 à 80 °/₀ de silicium. De même, quelques usines électrométallurgiques préparent en grand des siliciures de cuivre, et il n'est pas douteux qu'il en sera de même des autres composés dès que les métallurgistes connaîtront les avantages qu'ils peuvent en retirer.

A côté des siliciures, l'histoire des borures métalliques s'est enrichie de quelques composés nouveaux. L'union du bore et des différents métaux, réalisée au four électrique, avait conduit Moissan à la synthèse d'un certain nombre de borures. Le bore amorphe et le fer forment au four électrique une fonte borée, d'où il a extrait le composé défini FeB. Des fontes borées, plus ou moins riches en bore, préparées au four électrique, Binet du Jassoneix a retiré deux borures de fer nouveaux, de formules Fe^2B et FeB^2.

De même, des fontes de chrome borées, il a isolé le borure Cr^2B^2 inconnu, et le composé CrB déjà isolé par Moissan. Avec le nickel et le cobalt, la formation des borures n'exige pas une température aussi élevée, et ces composés peuvent être obtenus aisément vers 1.200°. Moissan avait préparé les borures de nickel et de cobalt, NiB et CoB, en chauffant vers 1.300°, dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'hydrogène, des mélanges agglomérés de bore pur et de métal. En employant la même méthode, on a isolé les nouveaux composés Ni^2B et NiB^2, Co^2B et CoB^2, de composition et de propriétés similaires.

M. Houdard a utilisé la grande énergie produite par le four électrique pour la préparation de composés complexes où se révèle l'analogie de valence entre différents éléments. La loi de Mitscherlich nous apprend que, dans une molécule plus ou moins complexe, il est possible de remplacer un ou plusieurs éléments par d'autres éléments apportant le même nombre de valences que les premiers. Aux nombreuses vérifications qu'a reçues cette loi, on peut en ajouter une autre. Le sulfure d'aluminium, irréductible aux plus hautes températures du four électrique, peut être fondu avec le sulfure de manganèse ou avec le sulfure de fer, dans un courant d'hydrogène sulfuré. Il se forme deux combinaisons doubles : Al^2S^4Mn et Al^2S^4Fe. En rapprochant ces deux composés des aluminates métalliques de composition Al^2O^4M, où M est un métal bivalent (zinc, baryum), on constate l'identité de formule. Quatre atomes d'oxygène bivalent ont été remplacés par quatre atomes de soufre bivalent. Il doit donc y avoir analogie de forme cristalline. L'examen optique des thioaluminates montre, en effet, que ces corps sont cristallisés et présentent des pointements de cube et d'octaèdre. C'est précisément à ce système cubique ou dérivé du cube qu'appartiennent les aluminates métalliques formant le groupe des spinelles.

De même, en chauffant dans un courant d'hydrogène sulfuré des mélanges en proportions convenables d'aluminium et d'un des métaux : chrome, nickel, cobalt, manganèse, Houdard a préparé des combinaisons de même nature que les précédentes, des thioaluminates cristallisés : Al^2S^4Cr, Al^2S^4Ni, Al^2S^4Co, Al^2S^4Mn; l'examen des formes cristallines révèle leur structure cubique, et par suite leur isomorphisme avec les spinelles.

II. — Métalloïdes.

Quelques faits intéressants ont été signalés cette année sur les métalloïdes. Lebeau a préparé le

Digitized by Google

tétrafluorure de silicium SiF^4, par action directe du fluor sur le silicium. C'est un liquide fumant décomposable par l'eau et au contact du verre. Il bout à 100° et se solidifie à — 80°. Il est sans action sur la plupart des métalloïdes : iode, soufre, bore, etc. Ce serait le composé de silicium le plus riche en fluor, pouvant être préparé par voie directe.

Cependant, Prideaux a décrit un hexafluorure de silicium SiF^6 ; Lebeau pense que ce composé est un oxyfluorure obtenu par la décomposition du tétrafluorure au contact du verre.

M. Jungfleisch a complété ses recherches sur l'oxydation du phosphore et la cause de la phosphorescence. Il a montré que la phosphorescence du phosphore est due à la combustion spontanée d'un oxyde de phosphore particulier, plus volatil que le phosphore lui-même. Cet oxyde serait P^2O^3. Alors qu'à froid et à la pression ordinaire, l'oxygène sec donne avec du phosphore sec uniquement de l'anhydride phosphorique P^2O^5, à basse pression, le produit immédiatement formé est l'oxyde P^2O^3, accompagné d'un autre composé jaune vif dont la solution dans la potasse précipite par l'acide chlorhydrique le sous-oxyde de phosphore P^4O. Cette oxydation dans l'oxygène raréfié se fait avec une flamme pâle, glauque. L'oxyde P^2O^3 est spontanément inflammable à l'air et possède une grande tension de vapeur; son oxydation produit la phosphorescence. En introduisant de l'eau dans un récipient contenant des vapeurs de l'oxyde de phosphore P^2O^3, on voit cette eau s'illuminer par suite de l'oxydation produite par l'oxygène dissous. L'auteur a réussi à isoler ce composé, qu'il a obtenu en cristaux bien définis possédant une très grande réfringence.

Des combinaisons du phosphore avec l'azote, son élément voisin dans la classification naturelle, on connaît seulement l'azoture P^3Az^5, obtenu par Briegleb et Geuther en 1862, sous forme d'une masse grise, en faisant réagir le perchlorure de phosphore sur l'azoture de magnésium. Stock et Gruneberg ont repris cette expérience sans succès. En remplaçant l'azoture de magnésium par celui de lithium, ils n'ont pas eu de meilleur résultat. Au contraire, l'action du sulfure de phosphore sur l'ammoniac liquide permet de préparer l'azoture de phosphore. Mais ce composé est impur et il se forme en très petite quantité. En se servant du sulfure de phosphore pur et le saturant à la température ordinaire avec du gaz ammoniac pur et complètement privé d'eau, puis chauffant le mélange dans un courant d'ammoniac pour entraîner tout le soufre, les auteurs ont obtenu le composé P^3Az^5 avec un rendement de 50 °/₀. Cet azoture est très stable; il faut le chauffer vers 760° pour le décomposer en ses éléments.

L'action du chlore sur le gaz ammoniac conduit toujours au chlorure d'azote $AzCl^3$ lorsque l'élément halogène est en excès. Jusqu'à présent, on n'avait pas obtenu des composés intermédiaires, tels que AzH^2Cl et $AzHCl^2$. Cependant, lorsqu'on fait réagir l'iode sur l'ammoniaque, on forme, à côté de l'iodure d'azote AzI^3, les composés AzH^2I et $AzHI^2$. Guyard et Raschig ont montré que ces deux corps se forment plus aisément par action de l'iode en solution dans un iodure alcalin. D'après Sélivanow, c'est à la production préalable d'acide hypoiodeux, qui réagit ensuite sur l'ammoniaque, que serait due la possibilité de formation de l'iodo-ammoniac et du diodo-ammoniac. C'est peut-être en partant de cette hypothèse que Raschig a préparé récemment un chloroammoniac AzH^2Cl, qu'il a désigné sous le nom de monochloramine. Il a fait réagir, en solution aqueuse concentrée, une molécule d'ammoniaque sur une molécule d'hypochlorite de soude. En distillant ensuite la solution dans le vide, à basse température, il a obtenu le chloroammoniac. C'est un liquide huileux très volatil, exerçant une action irritante sur les yeux et sur les muqueuses; il est très instable et se décompose sous les moindres influences. Au contact d'un excès d'ammoniaque, il produit une réaction intéressante; il y a addition des deux molécules donnant du chlorhydrate d'hydrazine :

$$AzH^2Cl + AzH^3 = AzH^2.AzH^3.HCl.$$

D'après l'auteur, on aurait là une méthode de préparation économique de l'hydrazine, puisque les rendements peuvent atteindre jusqu'à 70 à 80 °/₀ de l'ammoniac employé.

Aux anhydrides mixtes déjà connus sont venus s'ajouter cette année quelques corps de même nature. On sait que Pictet a obtenu l'anhydride acéto-arsénieux $(CH^3CO.O)^3As$, en faisant réagir l'anhydride acétique sur l'anhydride arsénieux. En dissolvant l'anhydride azotique dans l'anhydride acétique et distillant ensuite sous pression réduite le liquide ainsi obtenu, il se forme l'anhydride mixte nitro-acétique $CH^3CO.O.AzO^2$. C'est un liquide incolore, qui répand à l'air des fumées abondantes. Il bout à 22° sous 70 millimètres et distille en se décomposant à la pression ordinaire. Une chauffe trop brusque le fait détoner violemment. C'est un agent nitrant d'une très grande puissance. Le résidu nitré AzO^2 se fixe très aisément à une très basse température sur les composés organiques. Cette énergie de fixation vient du fait qu'elle a lieu sans élimination d'eau; il y a simplement régénération d'une molécule d'acide acétique :

$$C^6H^5OH + CH^3CO.O.AzO^2 = C^6H^4\left\langle\begin{matrix}AzO^2_4\\OH_4\end{matrix}\right. + CH^3CO.OH.$$

De la même manière, l'anhydride azotique se dis-

Digitized by Google

sout dans l'anhydride sulfurique fraîchement préparé. Par distillation du liquide, il se forme une masse blanche très dure, fondant à 124°, l'anhydride nitro-acétique. Pictet attribue à ce corps la constitution :

$$O\begin{cases} SO^2 - O - SO^2 - OAzO \\ SO^2 - O - SO^2 - OAzO, \end{cases}$$

ce qui indiquerait la formation à partir de quatre molécules d'anhydride SO^3 et de deux molécules d'anhydride azotique avec perte de deux atomes d'oxygène. C'est un composé très hygroscopique, se dissolvant dans l'eau avec une grande énergie, à la manière des deux anhydrides SO^3 et Az^2O^5. Il constitue un agent de nitration et de sulfonation, donnant par exemple, avec le benzène, un mélange de nitrobenzène et de sulfobenzène.

III. — Métaux et sels métalliques.

Du côté des métaux, nous trouvons cette année quelques travaux importants. Le calcium continue à attirer l'attention des chimistes. Depuis que l'industrie le fournit à un prix peu élevé, on s'est demandé s'il ne pourrait pas être utilisé en grand pour produire des alliages ayant quelque application (on sait depuis quelque temps que ces alliages sont très durs, mais très facilement oxydables), ou pour raffiner les métaux en mettant à profit son action réductrice sur les oxydes et les sulfures. Jusqu'à présent, son emploi n'a pas dépassé les limites des laboratoires. Moissan avait montré que le calcium cristallisé, préparé par sa méthode, peut réduire facilement le chlorure de potassium et le chlorure de sodium en mettant le métal alcalin en liberté. M. Hackspill a essayé de généraliser ces expériences. En se servant du calcium industriel, il a pu réduire la plupart des chlorures métalliques. Lorsque les métaux déplacés sont aisément volatils, comme les métaux alcalins, on peut les séparer des produits de la réaction par une simple distillation dans le vide. C'est le cas du rubidium et du cæsium, préparés ainsi à l'état pur pour la première fois. Si les métaux sont peu volatils, il est généralement impossible de les séparer du calcium en excès, et on obtient un alliage. La réduction du chlorure de lithium par le calcium à 900° met en liberté du lithium métallique bouillant à 1400°; la distillation dans le vide ne peut pas l'enlever; il forme avec le calcium un alliage défini. De même, la réduction du chlorure d'argent fournit un alliage d'argent et de calcium à cassure cristalline, qui se laisse réduire facilement en poudre. Chauffé au contact de l'air, il s'oxyde et tout le calcium se transforme en chaux avant la fusion complète de l'alliage.

Le chlorure de cuivre, le chlorure de plomb, traités par le calcium dans les mêmes conditions, fournissent des alliages de cuivre et de calcium, de plomb et de calcium. Le chlorure ferrique est réduit à l'état de fer métallique, mais le calcium ne s'unit pas directement à ce métal; il en est de même du chlorure chromique, ce qui permet de préparer dans les laboratoires de petites quantités de chrome exempt de carbone : il suffit de chauffer dans un creuset de fer un mélange intime de 20 gr. de chlorure chromique et de 20 gr. de calcium de limaille. La température nécessaire pour produire la réaction n'est pas très élevée (1000 degrés); la réduction du chlorure chromique par le calcium dégage la quantité de chaleur nécessaire pour fondre le métal mis en liberté.

On a admis pendant très longtemps que les protoxydes alcalins découverts par Davy en 1870 étaient des composés bien définis et, jusque dans ces dernières années, tous les traités et tous les livres classiques de Chimie en ont décrit la préparation en suivant les indications données par Davy. Or, Beketoff a montré que la décomposition des alcalis par le potassium ou le sodium ne fournissait pas les protoxydes alcalins. Il les a préparés en oxydant le métal par un mélange d'oxygène et d'air atmosphérique et réduisant ensuite le bioxyde formé en le fondant avec du métal en excès. Mais ces deux oxydes ne sont jamais purs.

A côté de ces composés, correspondant nettement à la monovalence du potassium et du sodium, on a décrit des oxydes supérieurs de ces métaux dans lesquels la monovalence semble avoir disparu. En réalité, on sait que les bioxydes, trioxydes et tétroxydes alcalins doivent être considérés comme des corps du type eau oxygénée et qu'il faut leur attribuer la constitution de composés ayant une chaîne de 2, 3 ou 4 atomes d'oxygène :

$$\begin{array}{c} O-M \\ | \\ O-M \end{array} ; \quad \begin{array}{c} O-M \\ | \\ O \\ | \\ O-M \end{array} ; \quad \begin{array}{c} O-M. \\ | \\ O \\ | \\ O \\ | \\ O-M \end{array}$$

Les oxydes supérieurs de potassium et de sodium ont été décrits depuis longtemps, et M. Joannis les a obtenus par l'oxydation des métaux-ammoniums à basse température. Des peroxydes de cæsium et de rubidium, on n'a préparé jusqu'à présent que le tétroxyde de rubidium Rb^2O^4.

Or, l'analogie étroite qui existe entre le cæsium, le rubidium et le potassium conduit à admettre l'existence de peroxydes semblables pour les trois métaux. M. Rengade s'est attaché à les préparer.

En outre, il a repris complètement l'étude des protoxydes alcalins inconnus ou mal définis. Il a

Digitized by Google

comblé ainsi les nombreuses lacunes qui existaient dans la série de ces composés, et résolu d'une manière définitive la question des oxydes alcalins.

Le principe de la préparation des différents oxydes est très simple : c'est l'oxydation directe du métal. Pour les protoxydes, c'est l'oxydation incomplète du métal, suivie d'une distillation dans le vide pour chasser le métal non oxydé; les oxydes supérieurs s'obtiennent en oxydant le métal-ammonium, et, selon la quantité d'oxygène fixé, on obtient les différents peroxydes. Mais c'est au début de l'oxydation que les difficultés commencent. On sait avec quelle facilité les métaux alcalins, le cæsium et le rubidium en particulier, s'enflamment dans l'oxygène à la pression et à la température ordinaires.

L'auteur a montré que cette oxydation est d'autant plus facile que l'oxygène est plus humide et que la surface du métal est plus propre. Mais, si l'oxygène est très sec, et si la pression est peu élevée, l'oxydation se fait d'une manière régulière sans combustion vive. En se basant sur ces données, Rengade a obtenu les protoxydes alcalins de la manière suivante : le métal alcalin, préparé à l'état pur en réduisant le chlorure par le calcium selon la méthode de Moissan et Hackspill, est introduit dans une nacelle d'argent placée dans un tube où l'on a fait le vide. On y dirige un courant très lent d'oxygène bien sec, de manière à maintenir la pression à 1 ou 2 centimètres de mercure. Le gaz est absorbé régulièrement et, quand le métal a pris une teinte noirâtre, on arrête l'oxydation et on distille à 180-200° l'excès de métal. On obtient ainsi de beaux cristaux d'oxydes de cæsium et de rubidium, de petits cristaux d'oxyde de potassium et d'oxyde de sodium. Cette différence tient à la grande solubilité des deux premiers oxydes dans les métaux correspondants, solubilité qui est très faible pour ceux de potassium et de sodium.

L'oxyde de cæsium Cs^2O est en aiguilles d'un beau rouge orangé à la température ordinaire ; il devient rouge pourpre à 100° et noir à 250°. A 180°, dans l'oxygène liquide, il est jaune pâle.

L'oxyde de rubidium Rb^2O se présente en cristaux transparents, octaédriques, de couleur jaune pâle à la température ordinaire; il devient jaune d'or à 200° et rouge à plus haute température. Nous sommes loin de la pellicule gris bleu décrite par Beketoff.

L'oxyde de potassium K^2O est un corps blanc, légèrement jaunâtre à froid, devenant jaune citron à 250°. Il est formé de cubes et d'octaèdres. L'oxyde de sodium Na^2O est d'un blanc pur à froid, et blanc jaunâtre à chaud. On les décrivait autrefois comme des masses grisâtres amorphes. Ces corps ayant été obtenus bien cristallisés, on a pu déterminer leur densité d'une manière précise. Elles augmentent avec le poids atomique; elles sont égales à :

$$2{,}25\ (Na^2O) - 2{,}31\ (K^2O) - 3{,}72\ (Rb^2O) - 4{,}31\ (Cs^2O),$$

différentes des anciennes densités : 2,805 (Na^2O), 2,656 (K^2O), et non définies pour les oxydes de rubidium et de cæsium.

Il faut modifier de même les chaleurs de formation de ces corps. Les anciennes déterminations :

$$89\ c.95.\ (Na^2O) - 92\ c.08\ (K^2O) - 99\ c.9\ (Cs^2O)$$

suivaient la croissance des poids atomiques. Les nouveaux chiffres trouvés en se servant de corps purs :

$$100\ c.7\ (Na^2O) - 86\ c.8\ (K^2O) - 83\ c.5\ (Rb^2O) - 82\ c.7\ (Cs^2O)$$

montrent que, contrairement à ce qu'on croyait jusqu'ici, l'affinité pour l'oxygène diminue quand le poids atomique augmente, ce qui est d'ailleurs la règle générale dans les familles naturelles des métaux.

Les propriétés chimiques de ces oxydes sont parallèles. D'abord, ils ne sont pas stables à haute température. Chauffés dans le vide vers 400°, ils se décomposent avec sublimation partielle du métal. Cette décomposition se produit à froid avec de l'ammoniac liquéfié. Il se forme un mélange d'hydrate et d'amidure selon la réaction :

$$M^2O + AzH^3 = MOH + MAzH^2.$$

L'eau réagit sur ces oxydes avec une extrême violence; il y a souvent incandescence et projection de liquide. L'hydrogène ne les réduit pas à la température ordinaire; mais à 180° la réduction commence et elle se termine à 300°; il y a formation d'hydrate et d'hydrure métallique :

$$M^2O + H^2 = MOH + MH.$$

Les halogènes attaquent violemment les protoxydes alcalins. Ils dissolvent l'oxygène en donnant les oxydes supérieurs.

Voilà donc un chapitre de Chimie complètement renouvelé, qui doit remplacer au plus tôt dans les livres classiques les faits anciens désormais sans valeur. Il faudra y ajouter, en outre, la préparation des peroxydes de cæsium et de rubidium, faite selon la méthode de Joannis. En dirigeant un courant d'oxygène sur du cæsium-ammonium, on obtient successivement, selon la quantité de gaz absorbé, le bioxyde Cs^2O^2, blanc rosé, le trioxyde Cs^2O^3, brun chocolat, et le peroxyde Cs^2O^4, jaune serin. Le rubidium-ammonium fournit le bioxyde Rb^2O^2, blanc rose, et le tétroxyde Rb^2O^4, jaune, sans qu'on ait pu constater la formation d'un trioxyde Rb^2O^3.

Digitized by Google

Le tableau suivant résume la liste définitive des composés oxygénés des métaux alcalins :

Na^2O	K^2O	Rb^2O	Cs^2O
Na^2O^2	K^2O^2	Rb^2O^2	Cs^2O^2
Na^2O^3	K^2O^3	.....	Cs^2O^3
Na^2O^4	K^2O^4	Rb^2O^4	Cs^2O^4.

Le sulfures de potassium et de sodium sont bien connus depuis longtemps. A côté des monosulfures K^2S et Na^2S, on a obtenu des combinaisons persulfurées analogues aux peroxydes : les bisulfure, trisulfure, tétrasulfure de potassium K^2S^2, K^2S^3, K^2S^4, et même un composé pentasulfuré K^2S^5 ; le trisulfure et le tétrasulfure de sodium Na^2S^3 et Na^2S^4. L'existence du pentasulfure Na^2S^5 est douteuse. M. Sabatier n'a jamais pu dissoudre dans une solution de monosulfure la quantité de soufre exigée par cette formule; il n'a pas dépassé la composition $Na^2S^{4,6}$. Dans ces dernières années, Hugot aurait atteint le composé Na^2S^5, en faisant dissoudre le soufre en excès dans le sodammonium. Des sulfures de rubidium et de cæsium, on ne savait presque rien. Biltz a préparé cette année un certain nombre de ces composés en dirigeant un courant de gaz sulfhydrique sur les hydrates de rubidium et de cæsium, et, par action ultérieure du soufre sur la masse obtenue, on forme les pentasulfures Rb^2S^5 et Cs^2S^5. En chauffant ces sulfures dans un courant d'hydrogène, ils perdent une partie de leur soufre et se transforment en bisulfures Rb^2S^2 et Cs^2S^2. Enfin, ces bisulfures fondus se détruisent avec formation de trisulfures Rb^2S^3 et Cs^2S^3.

Si l'on ajoute à ces composés un tétrasulfure de rubidium Rb^2S^4 qui a pu être préparé, on aura la liste des composés sulfurés des métaux alcalins obtenus jusqu'à ce jour. Il reste à isoler les monosulfures Rb^2S et Cs^2S.

Dans le groupe des métaux alcalins, nous signalerons encore quelques corps intéressants. Jusqu'ici, on n'a pu obtenir les aluns séléniques de fer lorsqu'on s'est adressé aux sels de potassium. Roncagliolo a pensé qu'on réussirait probablement à les préparer avec les séléniates de rubidium et de cæsium. Et, de fait, il a isolé l'alun sélénique de fer et de rubidium $(SeO^4)^3Fe^2.SeO^4Rb^2.24H^2O$ et l'alun correspondant de cæsium $(SeO^4)^3Fe^2.SeO^4Cs^2.24H^2O$, formant des cristaux octaédriques, transparents, légèrement violacés, efflorescents, très solubles dans l'eau en donnant une couleur rouge vineux. Le premier fond à 40-45°; le second à 55-60°. Or, lorsqu'on examine les aluns de cæsium et de rubidium, on constate qu'ils ont généralement un point de fusion supérieur d'environ 40° à ceux de potassium. Il n'est donc pas étonnant que Petersen n'ait pu obtenir l'alun sélénique de fer et de potassium, qui doit avoir un point de fusion voisin de 0°. Peut-être qu'il se formera en faisant la cristallisation des deux séléniates à très basse température.

Avant de quitter les recherches sur les métaux, il nous paraît intéressant de signaler une nouvelle variété de chrome trouvée cette année. Ce métal, qui était resté pendant longtemps une curiosité de laboratoire, est obtenu aujourd'hui très aisément par le procédé Moissan au four électrique ou par la voie aluminothermique selon le procédé de Goldschmidt. Il a été préparé récemment dans un état de division extrême, en filaments enchevêtrés très ténus ayant l'aspect d'une mousse; d'où son nom : mousse de chrome. On chauffe au four électrique, dans des creusets de magnésie, des fontes de chrome contenant 10 à 15 °/₀ de bore, en présence d'un grand excès de cuivre. En maintenant pendant trois à quatre minutes la température d'ébullition de ce métal, il dissout 1 à 2 °/₀ de chrome qui se sépare par refroidissement sous forme d'une masse ayant l'aspect d'une mousse. La densité, égale à 7,1, est supérieure à celle du chrome fondu dont la densité est 6, et à celle du chrome cristallisé (6,8). Les propriétés chimiques sont celles du chrome pur décrit par Moissan; mais, par suite de la grande division du métal, l'aptitude à la réaction est beaucoup plus grande. En particulier, tandis que le chrome fondu doit être chauffé vers 2.000° dans l'oxygène pour brûler, la mousse de chrome prend feu dans l'air à 300°, dès qu'elle est mise au contact d'une flamme; elle y brûle comme de l'amadou et la combustion a lieu avec une vive incandescence.

Sur les sels métalliques, nous retiendrons peu de travaux. Nous ne voulons pas faire ici une énumération fastidieuse des nombreux sels nouveaux préparés cette année, quoique beaucoup d'entre eux présentent quelque intérêt. Nous nous bornerons à signaler simplement l'existence d'un fer-tétracarbonyle différent des fer-carbonyles déjà connus et la découverte d'un nouveau procédé de préparation des chlorures et des bromures métalliques à partir des oxydes, appelé à rendre quelques services dans les laboratoires.

Dans la *Revue* de 1906, nous avons indiqué que J. Dewar et H. Jones avaient pu obtenir un diferrononacarbonyle à partir du fer-pentacarbonyle, lorsqu'on abandonne ce dernier à l'action de la lumière solaire. La réaction est très simple :

$$2Fe(CO)^5 = Fe^2(CO)^9 + CO.$$

Elle est reversible. L'oxyde de carbone, réagissant sous pression sur le diferrononacarbonyle, reproduit le composé primitif. Les mêmes auteurs

Digitized by Google

sont montré qu'en chauffant entre 50° et 90° le cristaux de diferrononacarbonyle avec certains solvants tels que la pyridine, le toluène, le pétrole lampant, dans une atmosphère d'oxyde de carbone, on obtient des solutions d'un vert très intense. Lorsqu'elles sont exposées à la lumière, elles perdent graduellement leur couleur et laissent déposer du fer. De la solution verte du toluène non exposée à la lumière, mais chauffée vers 80°, il se dépose peu à peu des cristaux prismatiques gris noir, brillants, de densité voisine de 2,18. C'est le fer-tétracarbonyle $Fe(CO)^4$, analogue comme composition au nickel-carbonyle $Ni(CO)^4$:

$$Fe^2(CO)^9 = Fe(CO)^5 + Fe(CO)^4.$$

Ce nouveau composé est très stable dans les conditions ordinaires. Chauffé seul à 140°-150°, il se décompose en fer et oxyde de carbone. Il est soluble dans la plupart des solvants organiques : toluène, éther, pétrole, pyridine, alcool, etc. Les solutions vertes dans le toluène ou dans le pétrole se décolorent lentement lorsqu'on les chauffe à 100° et rapidement à 140° ; il se dépose du fer. C'est l'action semblable à celle que produit la lumière. Au contraire, les solutions dans la pyridine et l'alcool passent du vert au rouge, et cette coloration se maintient indéfiniment.

Le nouveau procédé de préparation des chlorures et des bromures métalliques anhydres, à partir des oxydes, est dû à M. Bourion. Il est très simple et d'un emploi très commode.

En faisant réagir simultanément du chlore et du chlorure de soufre SCl^2 sur les différents oxydes métalliques chauffés à une température convenable, on prépare aisément tous les chlorures au maximum de chloruration ; dans certains cas, on obtient les oxychlorures métalliques. L'auteur a appliqué cette réaction à la préparation des chlorures des terres rares, dont quelques-uns n'avaient jamais été isolés. La zircone ZrO^2, la glucine GlO, l'acide titanique TiO^2, ont fourni les chlorures $ZrCl^4$, $GlCl^2$ et $TiCl^4$. Les oxydes de lanthane La^2O^3, de cérium CeO^2, d'europium Eu^2O^3, de gadolinium Gd^2O^3, etc., ont conduit aux chlorures correspondants du type MCl^2. Ce sont des corps blancs et peu volatils. L'action d'un lent courant d'air sec sur ces chlorures les transforme en oxychlorures de formule MOCl. Ce sont des composés très fixes, ne se volatilisant pas au rouge vif.

On préparait jusqu'à présent les bromures métalliques anhydres en traitant par le brome le mélange des oxydes avec le charbon. Cette méthode, d'un emploi peu commode, ne peut s'appliquer qu'à la préparation des bromures volatils. Par l'emploi simultané du chlorure de soufre et du gaz bromhydrique sur les oxydes chauffés à des températures convenables, on peut préparer tous les bromures des différents métaux. L'application de la méthode a été faite particulièrement aux oxydes des terres rares, qui ont conduit à des bromures métalliques dus à la trivalence, isolés pour la première fois.

A. Mailhe,
Chargé d'un Cours complémentaire de Chimie
à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Mattson (Ruben). — **Contributions à la Théorie des Fonctions entières.** — *Thèse présentée pour le doctorat ès sciences de la Faculté d'Upsal.* — 1 *vol. in-8° de 96 pages. Upsal, Almqvist et Wiksell.*

Parmi les travaux remarquables qui ont été consacrés dans ces derniers temps aux propriétés des fonctions entières, on sait que plusieurs, et non des moins intéressants, sont dus à M. Wiman.

L'un des élèves de l'éminent professeur d'Upsal, M. R. Mattson, s'est, lui aussi, proposé le perfectionnement de cette théorie. Dans la Thèse qu'il présente à l'Université d'Upsal, il envisage surtout les fonctions d'ordre zéro (autrement dit, celles dont les coefficients décroissent d'une manière extrêmement rapide et dont la croissance est extrêmement lente). Bien que moins important que celui des fonctions de genre fini et moins difficile que celui des fonctions de genre infini, ce cas, très peu étudié jusqu'ici, mérite, lui aussi, d'attirer l'attention, et présente des caractères qui lui sont particuliers, comme le montrent les recherches de M. Maillet et un récent théorème de M. Wiman sur les fonctions d'ordre inférieur à $\frac{1}{2}$.

L'auteur établit, pour ces fonctions d'ordre zéro, une classification tout analogue à celle qui avait été obtenue par MM. Boutroux et Lindelöf pour le cas d'un ordre non nul, et fondée, comme elle, sur l'intervention des logarithmes successifs $\log r$, $\log(\log r)$..., r étant le module de la variable indépendante.

Avant de passer aux fonctions d'ordre zéro, M. Mattson avait consacré un chapitre à un cas spécial de fonctions d'ordre non nul, cas important en ce qu'il peut être considéré comme typique pour l'étude générale de ces fonctions : c'est celui où les zéros de la fonction considérée F sont respectivement égaux aux valeurs successives de la quantité $-n^{1/\rho}$ (n représentant les différents entiers positifs, pendant que ρ est une constante positive).

On peut évidemment, dans ces conditions, obtenir pour la croissance de F une évaluation précise que ne comporte pas le cas général.

Introduite par M. Lindelöf dans son travail fondamental des *Acta Societatis Fennicae*[1], la fonction dont nous venons de parler a été étudiée à nouveau par M. Wiman[2] et par M. Barnes[3] : ce dernier a résolu le problème en calculant une expression rigoureuse de F sous forme d'une série divergente sommable au sens de M. Borel.

M. Mattson retrouve le résultat de M. Barnes, et calcule l'erreur commise en s'arrêtant à un terme quelconque de la série. Il parvient, ainsi, en particulier, à une discussion des plus intéressantes relativement à la distribution des racines de l'équation obtenue en égalant F à une constante donnée quelconque, discussion qui illustre et complète, pour ce cas spécial, le théorème bien connu de M. Picard.

Bien entendu, toutes ces questions se présentent d'une manière notablement différente suivant que ρ est ou non entier. En un mot, on met ainsi en lumière tous les résultats prévus par la théorie générale.

JACQUES HADAMARD,
Professeur-adjoint à la Sorbonne,
Professeur suppléant au Collège de France.

[1] T. XXXI; 1902.
[2] *Arkiv for Matem.*, t. I, 1903.
[3] *Phil. Trans.*, série A, vol. 199; 1902.

Boulvin (J.), *Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur des Constructions maritimes de l'Etat belge, Professeur à l'Ecole du Génie civil de Gand.* — **Cours de Mécanique appliquée aux machines**; 2e *fascicule*, 2e *édition* : **Moteurs animés, récepteurs hydrauliques, récepteurs pneumatiques.** — 1 *vol in-8° de 277 pages avec 176 figures.* (*Prix* : 10 *fr.*) *E. Bernard, éditeur, Paris*, 1908.

Les éditions successives d'un ouvrage sont le meilleur criterium de sa valeur; elles sont l'expression des suffrages des lecteurs, et, lorsque ce témoignage s'ajoute à une des plus hautes récompenses de l'Académie des Sciences, il reste peu de chose à dire pour faire ressortir le mérite d'un livre. La réputation du cours de M. le Professeur Boulvin est, du reste, établie depuis longtemps en dehors de l'Université de Gand, et elle a dépassé les frontières de la Belgique; notre pays peut en revendiquer une certaine part, puisque le savant maître fait éditer à Paris ses œuvres, marquées au coin de la méthode et de la clarté françaises, et qu'il aime à rappeler son titre d'ancien élève de notre Ecole d'application du Génie maritime.

Le volume que nous analysons est divisé en trois parties, d'importance très inégale; la première, consacrée aux moteurs animés, est brève, ainsi que la dernière, qui traite des récepteurs pneumatiques; les récepteurs hydrauliques font l'objet de la seconde, divisée en trois copieux chapitres. L'auteur justifie dans sa préface la part très large qu'il a dû faire à ces machines par les développements considérables qu'elles ont pris en ces dernières années; la production de l'énergie, créée par la houille blanche, s'est, en effet, concentrée dans de puissantes usines où les unités atteignent parfois 10.000 chevaux.

M. Boulvin étudie tour à tour les moteurs dans lesquels l'eau agit par son poids (les roues), par sa vitesse (les turbines) et par sa pression (machines à colonnes d'eau à action directe ou rotatives). Ce programme est complet et la table des matières prouve qu'on ne pourrait y relever aucune lacune. Les organes de réglage automatique ont été l'objet d'une attention spéciale.

La théorie de ces appareils est difficile à traiter complètement dans un livre didactique : l'auteur s'est beaucoup inspiré, dit-il, des travaux de M. Léauté et de M. Rateau; il rend hommage au grand sens pratique de ce dernier, qui a amené l'étude des turbo-moteurs dans une voie nouvelle, par une méthode aussi simple que lumineuse.

Ajoutons à l'éloge du livre que l'exécution typographique est correcte; de nombreuses figures illustrent le texte et en facilitent la lecture.

AIMÉ WITZ,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille,
Membre correspondant de l'Institut.

Blancarnoux (Paul), *Ingénieur mécanicien.* — **Le Mécanicien industriel** (MANUEL PRATIQUE A L'USAGE DES MÉCANICIENS). — 1 *vol. in-8° de 820 pages avec 400 figures.* (*Prix broché* : 12 *fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris*, 1907.

Ouvrage s'adressant surtout aux praticiens manuels : apprentis, élèves, ouvriers, dessinateurs et contremaîtres; il leur présente, d'une façon très claire et à la portée de leurs connaissances, les questions relatives aux chaudières et machines à vapeur, aux moteurs à gaz, à pétrole ou électriques, aux mécanismes d'atelier, à l'hygiène et à la législation du travail.

Digitized by Google

2° Sciences physiques

Eiffel (G.), *Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France.* — **Atlas météorologique pour l'année 1906, d'après 22 stations françaises.** — *L. Maretheux, imprimeur, Paris*, 1908.

M. Eiffel vient de prendre une initiative intéressante, en publiant un atlas où sont réunis les graphiques des principaux éléments météorologiques relevés dans une vingtaine d'observatoires français en 1906.

Indépendamment de quelques cartes synoptiques, sur lesquelles nous reviendrons, chaque station donne lieu à deux tableaux graphiques, complétés par des « dioptriques » qui permettent la comparaison des courbes de différentes stations par simple superposition.

Le premier tableau de chaque station débute par le graphique des températures maxima et minima pour chaque jour, pendant le cours de l'année météorologique, du 1er décembre 1905 au 30 novembre 1906. Ce graphique a été établi sur un quadrillé dont le carré a 1mm,33 de côté : cette longueur, en abscisse, correspond à un jour; en ordonnée, à 1° de température; sur des graphiques où l'échelle des abscisses reste la même, sont représentés, au-dessous, l'humidité relative maxima et minima, l'humidité absolue (exprimée en grammes d'eau par mètre cube d'air), la pression atmosphérique à midi, la pluie, la nébulosité moyenne, l'état du ciel à trois instants de la journée (9 heures, 12 heures et 18 heures), la force et la direction du vent. Ces diagrammes rappellent les diagrammes mensuels que publie, pour six stations françaises, le Bureau central météorologique; mais, dans l'atlas de M. Eiffel, on établit les courbes des divers éléments les unes au-dessous des autres, sans superposer les diagrammes, ce qui rend la lecture de l'ensemble incomparablement plus claire.

Un second tableau représente les mêmes éléments, dans la même station; mais, au lieu de donner les valeurs quotidiennes, on donne les valeurs moyennes, successivement par décades, par mois, par saisons, et enfin pour l'année entière.

Le premier tableau donnant la série des valeurs quotidiennes des éléments est reproduit en bleu, sur papier transparent, pour chaque station. Si je superpose, par exemple, le transparent de Dunkerque au tableau de Clermont, je reconnais immédiatement que, sur le graphique des températures maxima et minima, la largeur de l'espace compris entre ces deux courbes, et qui a été couvert de hachures, est beaucoup plus grande à Clermont qu'à Dunkerque, que la courbe des températures maxima et celle des températures minima de Dunkerque s'insèrent à peu près exactement toutes deux entre les courbes correspondantes pour Clermont. Ceci rend intuitive, beaucoup plus que de longues explications, la différence entre une station maritime et une station située en pays de montagne.

M. Eiffel attache une telle importance à cette comparaison des températures qu'il a établi un deuxième groupe de transparents, ceux-là en rouge, où sont reproduites spécialement et uniquement les courbes des températures maxima et minima, cette fois sans reproduire les divisions du quadrillage; on a ainsi la forme des courbes des températures, par jour, par décades, par saisons et par mois. Il a reproduit également à part, sur dioptriques rouges, le graphique des pluies quotidiennes, décadaires, mensuelles et saisonnières.

L'atlas est complété par quelques cartes de France où sont marquées les 20 stations choisies (les deux autres stations, qui complètent le nombre de 22, sont le cap Pertusato, au sud de la Corse, et Alger).

Nous signalerons seulement deux de ces cartes. L'une figure en chaque station les excès mensuels de la moyenne des températures maxima de chaque jour sur la même moyenne des maxima observée au Parc Saint-Maur : excès positif ou négatif, qu'on notera par un trait rouge s'il est positif, ou vert s'il est négatif. Les douze mois sont figurés par douze directions distribuées autour du point que représente la station : chaque quadrant correspond à une saison; sur la direction qui définit un mois est portée une petite droite dont la longueur est proportionnelle à l'excès de la température de la station, pendant ce mois, sur celle du Parc Saint-Maur, et dont la couleur indique le signe de cette différence avec Saint-Maur. Ces sortes de roses des vents, pour une station quelconque, sont en général formées de segments, les uns rouges, les autres verts, l'excès n'ayant pas le même signe aux différents mois. Sur la carte, autour du point qui figure Dunkerque, nous voyons s'épanouir une étoile de douze segments, tous verts : toutes les moyennes mensuelles des températures maxima sont inférieures à celles de Saint-Maur. Autour de Clermont, tous les segments sont rouges, sauf peut-être un qui est presque nul. Reportons-nous maintenant à la carte qui figure de même les moyennes mensuelles des températures minima. Les couleurs sont interverties : à Dunkerque, nous avons une étoile rouge; à Clermont, une verte. Aux autres stations, les couleurs sont mélangées; sauf pour les stations tout à fait méridionales, où les excès des températures, soit maxima soit minima, sont tous positifs, et où, sur les deux cartes, on ne voit que des étoiles entièrement rouges.

L'influence de la latitude, celle du voisinage de la mer ou de la montagne, apparaissent ainsi d'une façon qui frappe les yeux.

M. Eiffel indique, dans un avant-propos, qu'il a dressé cet atlas pour 1906. Il va continuer sur le même plan pour 1907; il n'a fait en cela que généraliser les méthodes de comparaisons par graphiques qu'il avait déjà appliquées à la comparaison des trois stations dont il assure personnellement le fonctionnement à Sèvres, Vacquey (Gironde) et Beaulieu (Alpes-Maritimes). Il estime qu'il serait désirable qu'un service public s'inspirât de cet exemple.

On ne peut que souscrire à ce vœu; il serait fort à souhaiter que le ministère de l'Instruction publique prît à sa charge, dans un avenir rapproché, une pareille publication, qui serait une précieuse illustration des tableaux de chiffres publiés dans les Annales du Bureau Central. D'autres ministères font les frais de publications analogues, et les volumes de statistiques graphiques imprimés par l'Imprimerie Nationale et envoyés d'office aux diverses bibliothèques ne manquent pas.

Des simplifications, d'ailleurs, seraient possibles : ce serait véritablement un luxe que d'établir des graphiques sur transparents en double exemplaire, comme M. Eiffel l'a fait pour quelques éléments. Les cartes en couleur, quel qu'en soit l'intérêt, pourraient, moyennant quelques modifications, être tirées en noir. On pourrait, en définitive, réduire notablement les frais de publication d'un tel atlas en lui conservant ses caractères essentiels [1].

[1] M. Eiffel ne se dissimule pas les difficultés qu'il y aurait à introduire dans la météorologie française une réforme qui comportât une augmentation de son très maigre budget. Il rappelle à cet égard quelques chiffres, établissant que les dépenses consacrées à la météorologie par la France, d'une part, et les Etats-Unis d'autre part, sont à peu près dans la proportion de 1 à 35. Ce n'est pas d'ailleurs la comparaison avec les Etats-Unis, ou l'Allemagne, qui est surtout humiliante pour la France : c'est la comparaison avec les petits Etats : Hollande, Roumanie, etc. Tout ce sujet serait à reprendre, d'ailleurs, et à traiter avec l'ampleur nécessaire. Il convient, pour être complètement rigoureux, d'ajouter au budget du Bureau Central et de ses annexes : 1° les sommes inscrites dans les budgets des Universités de Clermont et de Toulouse pour le matériel des observatoires du Puy-de-Dôme et du Pic du Midi; 2° les sommes inscrites aux tableaux établis par les Commissions extra-parlementaires de revision des traitements du personnel enseignant et du personnel auxiliaire des éta-

Digitized by Google

Une autre idée se dégage de l'étude de cet atlas. C'est qu'il serait intéressant d'avoir des graphiques établis de cette façon, *et établis sur un modèle uniforme* pour quelques stations météorologiques réparties sur toute la surface du globe. Si une entente internationale pouvait s'établir en ce sens, ce serait un résultat important : ne pourrait-on soumettre la question au Comité météorologique international, et lui demander de la faire discuter lors de la prochaine session de la Conférence des Directeurs?.

BERNARD BRUNHES,
Directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme.

Kohlrausch (F.). — **Kleiner Leitfaden der praktischen Physik** (PETIT MANUEL DE PHYSIQUE PRATIQUE). 2e *édition*. — 1 *vol. in*-8° *de* 268 *pages avec fig.* (*Prix cartonné* : 5 *fr.*) *B. G. Teubner, éditeur. Leipzig*, 1907.

Cet ouvrage est un abrégé, à l'usage des commençants, du Traité de manipulations de Physique, bien connu, de Kohlrausch. Après une introduction sur les unités et les méthodes de mesure, l'auteur décrit un certain nombre d'exercices pratiques concernant la pesée et la détermination de l'espace et du temps, la pression, la chaleur, l'élasticité et le son, le capillarité et le frottement, la lumière, le magnétisme et l'électricité. L'ouvrage se termine par 31 tables de constantes physiques d'un emploi courant.

La grande expérience de l'auteur, qu'a secondé le Professeur P. Weber, pour la publication de la 2e édition, donne à l'ouvrage une valeur toute spéciale.

Lewkowitsch (J.), *Ingénieur-chimiste*. — **Technologie et Analyse chimique des Huiles, Graisses et Cires.** *Tome* I. *Traduit de l'anglais par* M. EMILE BONTOUX, *Ingénieur-chimiste*. — 1 *vol. in*-8° *de* XX-564 *pages avec* 53 *figures* (*Prix* : 20 *fr.*). *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris*, 1907.

Le nom du Dr Lewkowitsch est connu de tous ceux qui s'occupent de la fabrication des corps gras. Une longue pratique de cette industrie lui a donné une compétence toute particulière, et il était qualifié plus que quiconque pour écrire un ouvrage sur ces questions. Cet ouvrage est arrivé à sa 3e édition en Angleterre, et il a déjà été traduit en allemand. Comme il n'a aucun équivalent en français, M. Bontoux a pensé rendre service aux nombreux ingénieurs et chimistes de l'industrie des corps gras en entreprenant la traduction du livre de M. Lewkowitsch, et il faut le louer sans réserve de cette idée et du labeur ardu qu'il s'est imposé pour la réaliser.

Le volume qu'il présente au public est consacré spécialement à l'analyse des matières grasses, le tome II devant être réservé à la technologie. Toutefois, les trois premiers chapitres peuvent être considérés comme une introduction générale : l'auteur y traite de la classification des corps gras, de leurs propriétés physiques et chimiques, de la saponification et des constituants qu'elle met en liberté : acides et alcools.

La partie analytique proprement dite comporte : la préparation des matières grasses pour l'analyse; les méthodes physiques d'examen (poids spécifique, points de fusion et de solidification, indice de réfraction, viscosité, etc.); les méthodes chimiques d'examen (indices de saponification, d'iode, de Reichert, de Hehner, d'acétyle, etc.); l'examen qualitatif; l'examen des acides gras mélangés; l'examen des matières insaponifiables; la recherche et la détermination quantitative de la résine, etc.

Le traducteur, tout en suivant fidèlement l'original, a incorporé à l'ouvrage les descriptions des méthodes et appareils plus spécialement en usage dans nos laboratoires et nos établissements industriels. Ce premier volume a donc tout ce qu'il faut pour rencontrer un accueil favorable parmi les chimistes et les techniciens.

L. B.

3e Sciences naturelles

Gautier (Ferdinand), *Ingénieur civil des Mines*. — **Chili et Bolivie. Etude économique et minière.** — 1 *vol. in*-8° *de* 225 *pages*. (*Prix* : 6 *fr.*) *Guilmoto, éditeur, Paris*, 1907.

L'Indépendance du Chili daté officiellement du 18 septembre 1818. Mais son essor économique ne commença qu'après la guerre du Pacifique (1878), qui lui permit de s'agrandir en territoires miniers, au détriment de la Bolivie et du Pérou. Le Chili compte maintenant 4.200 kilomètres d'étendue, sur une largeur moyenne de 190 kilomètres. L'ensemble constitue une superficie de 750.000 kilomètres carrés, comprise entre 20° de latitude sud (Iquique) et 54° (Punta-Arenas). C'est dire la variété des climats. La quantité de pluie va de 0m,003, à Iquique, à 2m,690, à Valdivia. La température moyenne s'échelonne entre 19°, à Iquique, et 6°,4, à Punta-Arenas, sur le détroit de Magellan.

Le livre de M. Gautier est un répertoire très complet et très bien présenté des ressources économiques de ce pays. On peut s'y rendre par mer, dans des conditions assez médiocres de confortable et de rapidité, ou bien en empruntant la voie ferrée, dont nous avons déjà entretenu les lecteurs de la *Revue*, et qui permet d'aller de Buenos-Ayres à Santiago en quarante heures. On économise ainsi dix ou douze jours de navigation supplémentaire, mais la voie ferrée ne marche pas encore en toute saison : les neiges l'arrêtent pendant presque la moitié de l'année.

Le Sud du Chili est très peu habité, mais il est recouvert par une végétation forestière des plus intenses, due aux pluies abondantes. C'est à Valdivia que les cultures commencent, au point où la Cordillère s'écarte de la côte, et c'est à Concepcion que débute le Chili central, le vrai Chili. Le climat très régulier de cette région favorise beaucoup l'agriculture, à condition que l'on irrigue pendant les mois secs. Toutes sortes de cultures ont été essayées dans des conditions avantageuses : les céréales, le lin, — pour sa graine seulement, — la betterave, le mûrier même, les pommes à cidre, l'orge, le pêcher et la vigne. Les blés chiliens commençent à figurer sur le marché mondial; le vin est consommé sur place — production annuelle : 3 millions d'hectolitres; — quant à l'élevage, il lutte péniblement contre la concurrence de la République Argentine, beaucoup mieux adaptée à cette branche agricole. Le développement de l'extraction minière a forcément fait négliger les industries proprement dites, qui, bien que protégées par des droits de douane très élevés, sont loin d'avoir l'extension dont elles sont susceptibles. Comme combustibles minéraux, le Chili ne possède que d'excellents lignites; la houille est absente. C'est d'autant plus regrettable que le minerai de fer, très abondant, pourrait alimenter une métallurgie importante.

Le grand produit d'exportation, c'est le nitrate de soude, que l'on rencontre dans certaines parties du désert d'Atacama, et plus particulièrement dans la Pampa de Tarapaca. La majeure partie des gisements se trouve sous forme de cuvettes, plus ou moins profondes suivant leur étendue et l'épaisseur du dépôt salin qui en occupe le fond. Le nitrate supporte un droit de sortie de 62 fr. 50 par tonne, qui fournit à l'Etat un revenu annuel de plus d'une centaine de millions de francs. De plus, les eaux-mères de la cristallisation du nitrate de soude renferment de l'iode, qui est retiré à part et dont l'exportation est entre les mains d'un syndicat commercial dont le siège est à Londres.

---

blissements scientifiques, pour rétribuer les *météorologistes* et *aide-météorologistes* de province. C'est sur ce dernier chapitre qu'une comparaison serait suggestive entre *ce que le Parlement a voté* pour le personnel occupé à la météorologie, et ce qui est *réellement dépensé* pour ce personnel, — comparaison d'ailleurs fort malaisée, car aucun tableau annuel n'est publié; c'est là une question qui nous occupe depuis plusieurs années et qui, sans nul doute, nous occupera quelque temps encore.

Digitized by Google

Les richesses métalliques du Chili ont été considérables et sont loin d'être épuisées. On en découvre encore de nouvelles, auxquelles les procédés de traitement perfectionnés donnent une grande valeur. M. Gautier leur consacre plusieurs chapitres d'un grand intérêt pratique. L'or se trouve partout, mais surtout dans l'Atacama, où il est associé au cuivre. L'argent est commun, en particulier sous forme de chlorure double d'argent et de sodium; on rencontre le plomb, le zinc, le nickel, le cobalt, le mercure, l'antimoine, mais le métal le plus abondant est le cuivre, et c'est celui dont la métallurgie est la plus avancée, bien que l'on ne traite, en général, que les minerais renfermant au moins 10 °/₀ de métal.

La Bolivie, dont nous entretient également M. Gautier, a une étendue de deux fois et demie celle de la France, pour une population dix-huit fois plus faible. C'est en très grande partie un pays de hautes terres, mal desservi au point de vue des communications. L'auteur confirme le fait que les lacs Titicaca et Poopo seraient les restes d'une ancienne mer, emprisonnée entre les deux bourrelets de la Cordillère au moment de son soulèvement. C'est surtout par ses richesses minières que la Bolivie nous intéresse; elle forme, avec le Chili, un des pays les plus minéralisés. L'or et l'argent, le cuivre surtout, l'étain, le plomb, le bismuth sont abondants, mais leur exploitation est entravée par l'insuffisance des voies de communication, et ce n'est que par l'établissement de chemins de fer que le pays pourra acquérir la prospérité que lui réservent ses richesses naturelles.

PIERRE CLERGET.
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

Braun (K.), *Directeur de l'Institut de Biologie agricole d'Amani.* — **Die Agaven; ihre Kultur und Verwendung** (*mit besonderer Berucksichtigung von* Agave rigida var. sisalana *Engelm.*). — 1 *vol. in-8° de* 100 *pages.* (*Extrait du Pflanzer.*) *Tanga (Afrique orientale allemande)*, 1907.

Il y a quelques années, M. le Dr Trabut montrait ici-même[1] l'importance qu'était susceptible de prendre, dans nos possessions de l'Afrique du Nord, la culture des Agaves qui fournissent le sisal et le crin de Tampico. L'Allemagne, de son côté, a tenté, avec un plein succès, d'acclimater, dans quelques-unes de ses colonies africaines, ces végétaux qui s'accomodent des pentes pierreuses et rocheuses où aucune autre plante utile ne pourrait pousser. Dans l'Afrique orientale allemande, en particulier, plusieurs milliers d'hectares sont en pleine production. Le Dr K. Braun, qui dirige, dans cette colonie, la Station de Biologie agricole d'Amani, a été amené à suivre de près ces cultures et à étudier d'une façon approfondie la question des agaves : c'est le résumé de ses études et observations qu'il présente dans le petit ouvrage que nous analysons.

Il commence par donner un aperçu des espèces, très nombreuses, d'Agaves qui sont exploitées actuellement dans les différents pays; puis, pour l'une des plus importantes, l'*Agave rigida var. sisalana*, spécialement cultivée dans l'Afrique orientale allemande, il décrit les conditions que doivent remplir le sol et le climat, la préparation à donner au terrain, le mode de plantation (par graines, bulbilles et stolons), les soins de culture, la récolte des feuilles et leur préparation. Un important chapitre est consacré à l'obtention de la fibre, qui a lieu encore par des procédés très primitifs dans certaines contrées, mais qui tend de plus en plus à s'opérer par des machines perfectionnées : défibreuses, brosseuses, etc. L'auteur a fait plusieurs essais de résistance des fibres et communique, d'autre part, de nombreuses analyses chimiques. L'ouvrage se termine par l'examen des emplois de la fibre et quelques indications sur le mouvement commercial auquel elle donne lieu : le principal pays producteur est le Yucatan, qui exporte actuellement environ 80.000 tonnes par an; presque toute cette production est absorbée par les Etats-Unis. Le prix de la fibre se tient aux environs de 1.000 francs la tonne.

L'auteur a joint à son exposé une bibliographie fort complète du sujet, qui ne comporte pas moins de 234 numéros.

[1] *Rev. gén. des Sciences* du 15 mars 1901, t. XII, p. 233-35.

4° Sciences médicales

Israëls de Jong (Dr S.), *Ancien Interne lauréat des Hôpitaux de Paris.* — **Etude histo-chimique et cytologique des crachats.** — 1 *vol. in-8° de* 151 *pages avec planches. G. Steinheil, éditeur, Paris*, 1908.

Délaissant l'étude histo-chimique et cytologique des crachats pathologiques, les divers auteurs se sont plus particulièrement attachés à l'examen bactériologique de ces sécrétions. Le Dr Israëls de Jong s'est proposé de compléter cette étude par des recherches systématiques. Son travail a été fait dans le laboratoire du Professeur Landouzy.

Les examens histologiques comportent toujours une partie technique qu'il est nécessaire de préciser : l'auteur n'a eu garde de l'oublier. Il expose minutieusement la manière dont doit être étalé, fixé et coloré le crachat. Le fixateur à employer est, selon lui, l'acide chromique à 1 °/₀. J'avoue que l'emploi de l'alcool-éther me semble préférable en ce qu'il permet, peut-être plus aisément, la coloration ultérieure des préparations par les colorants acides ou basiques. Mais ce n'est, à la vérité, qu'un détail accessoire.

Le bleu polychrome de Unna, par suite de sa réaction métachromatique vis-à-vis du mucus si abondant dans les crachats, est, pour le Dr de Jong, le colorant de choix. L'éosinophilie requiert l'emploi de l'hématéine-éosine. L'examen à la lumière artificielle est le plus favorable.

A côté du mucus, il existe, dans les crachats, de grands réticulums dus à l'agglomération de cellules bronchiques dégénérées. Dans une communication faite avec M. Bezançon à la Société médicale des Hôpitaux, l'auteur a signalé que, contrairement à l'opinion courante, le crachat pneumonique ne renferme presque pas de fibrine.

La substance albumineuse du crachat est fondamentale; elle se colore en bleu violet et a une réaction identique à celle des exsudats séro-fibrineux de la plèvre, du péritoine, ainsi qu'à celle du lacto-sérum.

Quant aux éléments cellulaires des crachats, ils sont constitués par les cellules bronchiques, très rarement intactes; par les cellules de l'épithélium alvéolaire, peu communes, mais offrant, par leur présence, une signification précieuse, celle de la desquamation de l'alvéole pulmonaire; par des globules rouges et des leucocytes, ces derniers n'apparaissant qu'à la période de résolution des états pathologiques du poumon. Les éosinophiles caractérisent les crises d'asthme.

On trouvera également, dans ce travail, une description histologique très étudiée du crachat pneumonique, du crachat de congestion pulmonaire aiguë ou passive, de bronchite, d'œdème du poumon, de l'emphysème, etc.

Il ressort amplement de cette publication que l'examen histologique du crachat mérite de prendre place à côté de l'étude bactériologique, et qu'il apporte, lorsqu'il est consciencieusement pratiqué, une contribution très utile à la nosographie des affections du poumon.

Dr H. VINCENT,
Professeur à l'Ecole d'application du Val de Grâce (Paris).

Pron (Dr L.). **Formulaire synthétique de Médecine.** — 1 *vol. in-18 de* 600 *pages. Rousset, éditeur. Paris*, 1908.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Mars 1908.

L'Académie présente, à M. le Ministre du Commerce, la liste suivante de candidats pour la chaire de Géométrie appliquée aux Arts vacante au Conservatoire des Arts-et-Métiers : 1° M. **Bricard**; 2° M. **Adam**.

1° Sciences mathématiques. — M. J. **Boussinesq** étudie les propriétés diverses des courbes exprimant, soit par leur enveloppe, soit directement, les coefficients du débit *m* d'un déversoir vertical en mince paroi, sans contraction latérale et à nappe noyée en-dessous, en fonction de la pression relative N, exercée sous ces nappes au niveau du seuil. — M. **Bouquet de la Grye** : Détermination de l'heure, sur terre et sur mer, à l'aide de la télégraphie sans fil (voir p. 257). — M. **Ch. Nordmann**, comparant ses résultats à ceux de M. Tikhoff, conclut qu'une dispersion de la lumière se produit réellement dans les espaces célestes et qu'elle y a le même sens que dans les milieux réfringents ordinaires.

2° Sciences physiques. — M. J. **Becquerel** a constaté que, dans le spectre d'étincelles de l'yttrium, les raies du second groupe donnent le phénomène de Zeeman dans le sens habituel, tandis que celles du premier groupe présentent le phénomène en sens inverse. Ce fait doit être attribué à la présence d'électrons positifs. — M. J. **Bosler** déduit, de considérations sur l'énergie contenue dans le radium, que le nombre des corpuscules intérieurs à l'atome est de l'ordre de grandeur des poids atomiques. — M. E. **Doumer** a reconnu que le facteur d'ionisation de l'eau dans les dissolutions d'HCl est une constante indépendante de l'intensité du courant et du titre de la dissolution; il est égal à 0,662. — M. A. **Faucon** a mesuré la variation de la densité de vapeur de l'acide propionique en fonction de la température; elle passe de 3,80 à 148° à 2,57 (valeur normale = 2,55) à 210°. On en déduit pour la chaleur de vaporisation la valeur 90,9 cal., très voisine de la valeur expérimentale. — M. E. **Léger**, en faisant réagir l'eau de Javel concentrée sur le phénol, a obtenu le trichlorophénol-1:2:4:6, F. 66°-67°, que l'oxydation par $HAzO^3$, seul ou mélangé de HCl, permet de transformer soit en dichloroquinone, soit en un mélange de tri- et tétrachloroquinone. — MM. M. **Tiffeneau** et E. **Fourneau** ont constaté que l'oxyde de styrolène, dans ses diverses réactions, tantôt se comporte normalement en additionnant symétriquement les composés binaires, tantôt se comporte comme l'aldéhyde phénylacétique isomère. — MM. E. E. **Blaise** et I. **Herman** : Sur les cétones-alcools β-αα-dialcoylées (voir p. 293).

3° Sciences naturelles. — M. **Rivet** a trouvé à Paltacalo, près du fleuve Jubones (Equateur), une grande quantité de crânes appartenant à la race de Lagoa Santa. La race brésilienne primitive aurait donc eu des représentants en Equateur, nouvel argument en faveur de l'existence d'une race paléaméricaine. — MM. A. **Calmette**, L. **Massol** et M. **Breton** ont constaté que les bacilles tuberculeux et la tuberculine possèdent une affinité très particulière pour la lécithine; cette affinité joue probablement un rôle dans la thermo, la cuti- et l'ophtalmo-réaction à la tuberculine. — M. H. **Coutière** a reconnu l'existence de 41 formes nouvelles du genre *Synalpheus*. Il y a deux séries de formes, l'une indo-pacifique, l'autre américaine, remarquablement parallèles. — M. A. **Guilliermond** a étudié le développement du *Glaeosporium nervisequium*; il lui a été impossible d'opérer une transformation du mycélium en forme de levures. — M. L. **Gentil** montre que le littoral algérien, entre la frontière du Maroc et Oran, doit être considéré comme bordé par une nappe de charriage, poussée vers le Sud, et dont l'enracinement serait jalonné par le bord de l'effondrement méditerranéen. — M. **Deprat** a déterminé les paramètres magmatiques des séries du volcan Monte Ferru (Sardaigne). — M. G. **Bigourdan** signale l'enregistrement, par le sismographe Milne de l'Observatoire de Paris, du tremblement de terre du 26 mars 1908 de Chilapa (Mexique).

Séance du 6 Avril 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. **Le Vavasseur** a commencé l'énumération et l'étude de tous les sous-groupes du groupe linéaire et homogène à quatre variables; puis il a cherché le système d'équations aux dérivées partielles correspondant et intégré, en général, les systèmes obtenus. — M. L. **Raffy** étudie les réseaux conjugués persistants qui comprennent une famille de lignes minima. — M. **Girardville** cherche à déterminer le poids utile maximum qu'on peut soulever en aéroplane. Ce poids maximum correspond à une valeur égale à 1,125 du coefficient $\mu = \frac{x+\pi}{\pi}$, où x est le poids utile de l'aéroplane, π est le poids mort et $x+\pi$ le poids total soulevé. — M. le Cᵗ **Bouttieaux** montre que, dans les ballons dirigeables actuels, le maintien de l'équilibre vertical par l'emploi à peu près unique des gouvernails horizontaux a réduit la dépense de lest et augmenté la durée des ascensions. — M. P. **Amans** montre que, dans la palette zooptère, à une augmentation de résistance correspond une augmentation antagoniste d'envergure et de déclinaison distale, par suite de la torsion posititive.

2° Sciences physiques. — MM. G. A. **Hemsaleoh** et C. **de Watteville** ont étudié au spectroscope la flamme de l'hydrogène ayant passé dans un ballon où l'on fait jaillir un arc entre des tiges métalliques, ce qui rend la flamme éclairante. — MM. Ch. **Fabry** et H. **Buisson** ont constaté que toutes les raies d'étincelles sont émises par l'arc au fer, au nickel et au cuivre, mais seulement par les points brillants des électrodes. — M. J. **Meunier** montre que, dans la combustion par incandescence des gaz en présence des corps oxydables, l'attraction chimique est généralement accompagnée d'une attraction à distance : attraction de masse ou attraction physique. — M. H. **Gaudechon** : Chlorures de dimercuriammonium ammoniacaux (voir p. 337). — M. P. **Ménière** décrit une méthode de dosage de la vapeur de mercure dans l'air. L'air est traité par des vapeurs bouillantes d'acide azotique, qui transforment le mercure en nitrate, lequel est dosé colorimétriquement par la diphénylcarbazide. — M. G. **Chesneau** a reconnu que les précipités de phosphomolybdate d'ammonium ne sont pas des composés définis, mais des mélanges d'un corps défini avec des quantités variables d'acide molybdique dépendant des concentrations des réactifs. Il indique une méthode pour obtenir un précipité de composition constante, pour double précipitation. — MM. E. **Bourquelot** et H. **Hérissey** montrent que l'arbutine et ses dérivés méthylé, benzylé et dinitré sont hydrolysables par l'émulsine; ils dérivent du *d*-glucose et sont lévogyres. — M. J. **Bougault**, par déshydratation des acides atrolactique et *p*-méthoxyatrolactique, a obtenu, dans le premier cas, de l'acide atropique, et dans le deuxième, les acides *p*-méthoxyatropique, F. 119-120°, et di-*p*-méthoxyatropique, F. 215°. — MM. G. **Perrier** et H. **Caille**, en préparant la phénylnaphtylcétone par la réaction de Friedel et Crafts,

Digitized by Google

ont obtenu un produit F. 54°, qui est un mélange mécanique des isomères α et β, dans lesquels on peut le dédoubler. — MM. A. Haller et E. Bauer ont transformé le diphénylcamphométhane F. 106° en un isomère, F. 136-137°. Le benzoate formé par l'action du chlorure de benzoyle sur le produit de la réaction de C^6H^5MgBr avec le benzylidènecamphre est dédoublé, par saponification, en acide benzoïque et diphénylcamphométhane F. 136-137°. — M. J. Effront a découvert dans la levure de bière une diastase, l'*amidase*, qui décompose les acides amidés en AzH^3 et acides volatils. — M. J. Wolff a reproduit, avec le ferrocyanure de fer colloïdal à dose infime, toutes les réactions des peroxydiastases. — MM. E. Kayser et A. Demolon rappellent qu'ils ont expliqué avant M. Trillat la formation de l'aldéhyde éthylique dans les fermentations. — M. Ch. Dhéré a préparé, par dialyse du sang d'escargot, de l'oxyhémocyanine cristallisée. Elle donne les réactions xanthoprotéique, de Millon, d'Adamkiewicz et présente un spectre caractéristique. — M. M. Piettre a reconnu que les variations qu'on observe dans le spectre de la bile des animaux de différentes espèces s'expliquent par la présence des divers pigments biliaires.

3° Sciences naturelles. — M. A. Chauveau étudie les conditions de la perception du relief et de la profondeur dans l'image simple des épreuves photographiques ordinaires; elle repose sur la dissociation des deux images rétiniennes, complétée par l'obscurcissement de l'une de ces images. — M. Ch. Bouchard a constaté que le sang extravasé le dernier se coagule, dans le tube capillaire, plus vite qu'à l'état normal, et que le sang extravasé le premier se coagule plus lentement que dans les conditions ordinaires. — M. J. Cluzet a observé qu'à basse température, l'animal évapore et rayonne davantage en air sec; il brûle donc plus que dans l'air saturé de vapeur d'eau. — MM. J. E. Abelous et E. Bardier : Action de l'extrait alcoolique de l'urine humaine normale sur la pression artérielle (voir p. 336). — M. C. Fleig montre que la toxicité de l'oxyde de carbone de la fumée n'entre point en jeu dans les diverses conditions où se produit normalement l'intoxication tabagique chez l'homme. — MM. C. Nicolle et C. Comte communiquent de nouvelles observations en faveur de l'origine canine du kala-azar. — M. L. Mangin a reconnu que la membrane des Diatomées est constituée, à l'exclusion de la cellulose et de la callose, par des composés pectiques ou des substances ayant les mêmes réactions. — M. A. Lacroix a étudié un nouveau silicate de cuivre à structure cristalline, provenant de la mine de Mindouli (Congo français). C'est un métasilicate basique, pléochroïque. — MM. H. Douvillé et R. Zeiller ont déterminé des empreintes de végétaux provenant du Sud-Oranais et qui mettent en évidence l'existence, dans ces régions, du Viséen et du Moscovien-Westphalien (terrain houiller). — M. E.-A. Martel a étudié les variations de température de la source de la Sainte-Baume (Var). Elles montrent que cette source subit l'influence immédiate et directe des infiltrations extérieures.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 31 Mars 1908.

M. Hutinel présente un Rapport sur un travail de M. Ch. Leroux relatif aux relations de l'adénopathie trachéo-bronchique avec la tuberculose pulmonaire. L'auteur a constaté que les lésions ganglionnaires prédominent chez les sujets très jeunes, tandis que les lésions pulmonaires se rencontrent surtout chez les adolescents et les enfants déjà grands. C'est généralement par le côté droit que débutent les lésions ganglionnaires. Ces adénopathies peuvent guérir, définitivement dans certains cas, par sclérose des ganglions; elles se réveillent souvent à la suite d'une infection accidentelle. — M. A. Pinard indique les résultats du fonctionnement de la Maternité de Lariboisière de 1882 à 1888 et de la Clinique Baudelocque de 1889 à 1907. Dans ces vingt-cinq ans, 56.177 femmes ont accouché dans ces deux services; 291 sont mortes, ce qui fait une mortalité de 0,51 °/₀ seulement. Chez les nouveau-nés, le sclérème, l'érysipèle de l'ombilic ont disparu; les ophtalmies ou conjonctivites purulentes ont diminué des quatre cinquièmes. Malheureusement la mortinatalité est restée la même, parce que la puériculture avant la procréation et pendant la gestation est encore lettre morte. — M. Imhoff lit un Mémoire sur l'influence des injections de tuberculine de Jacobs concernant la diazoréaction d'Ehrlich chez les tuberculeux.

Séance du 7 Avril 1908.

M. Dastre est élu membre titulaire dans la Section d'Anatomie et Physiologie.

MM. A. Chantemesse et Rodriguez estiment que les vers intestinaux, en particulier les trichocéphales, accusés d'être une cause de fièvre typhoïde, sont innocents de ce méfait; ils ne jouent aucun rôle dans l'étiologie, le diagnostic et le pronostic de la fièvre typhoïde. Il serait dangereux d'abandonner les mesures de prophylaxie ordinaire : pureté de l'eau potable, désinfection des matières souillées, etc., pour leur substituer des précautions de thérapeutique individuelle préventive, ne visant que la destruction et l'expulsion des helminthes intestinaux. — M. le Dr Balzer lit un travail sur les scléroses tertiaires et sclérogommes de l'hypoderme. — M. le Dr Hirtz présente un travail sur l'élément vasculaire dans l'intoxication oxycarbonée.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 Mars 1908.

M. L.-C. Maillard montre que l'urocarmine n'est pas une espèce chimique nouvelle, mais un mélange d'au moins quatre substances : indirubine, indigotine, brun d'indigo et une substance à fonction acide. — M. G. Bohn a constaté que des excitations répétées portant sur l'extrémité d'un bras chez les Ophiures et les Etoiles de mer ne tardent pas à provoquer une impulsion rotative; l'amputation d'un bras produit le même effet. — M. E. Retterer a reconnu que la substance fondamentale de l'os change de structure avec l'âge : à l'origine, elle est composée d'un réticulum délicat et à larges mailles; chez le fœtus, les fils du réticulum s'épaississent plus vite que l'hyaloplasma n'augmente; dans l'os adulte, les mailles redeviennent plus larges et se remplissent d'un hyaloplasma abondant. — M. G. Weiss a constaté que 24 heures d'intervalle entre deux passages dans un gaz inerte ne suffisent pas à la grenouille pour réparer les pertes d'oxygène subies dans un premier passage. — M. H. Coutière démontre la nature branchiale des sétobranchies chez les Eucyphotes. — MM. H. Roger et L. G. Simon montrent qu'en employant de faibles doses de suc pancréatique l'action adjuvante du suc gastrique neutralisé sur la saccharification de l'amidon est très nette. — M. G. Fornario propose une nouvelle méthode pour la conservation de la couleur des pièces anatomiques; après passage par le formol, puis l'alcool, on les plonge dans une solution d'acide picrique additionnée d'acide acétique. — MM. A. Sartory et Clerc donnent la liste des microorganismes qu'ils ont trouvés dans l'intestin de quelques Orthoptères. — M. J. Kunstler a opéré avec succès la fécondation artificielle du goujon en mai. — M. J. Salmon montre qu'il existe un type ectromélien caractérisé par une réduction à tous les degrés de l'axe squelettique normal, sous l'influence de processus ostéogénétiques variés, analogues aux processus normaux et provoquant une adaptation corrélative des muscles, vaisseaux et nerfs dans les membres réduits. — M. H. Iscovesco a constaté que l'action antihémolytique de la cholestérine est beaucoup plus faible que celle du liquide qu'il a retiré des globules rouges du sang de cheval. — MM. P. Remlinger et O. Nouri ont trouvé, dans le liquide des

Digitized by Google

moules et huîtres pêchées à Constantinople pendant l'épidémie de choléra de 1908, le colibacille et des vibrions cholériques et pseudo-cholériques. — **MM. Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** confirment le fait que l'ovulation n'est pas spontanée chez la lapine isolée et ne se produit qu'à la suite de l'accouplement avec le mâle. — **M. M. Nicloux** montre que le protoxyde d'azote disparaît avec rapidité du sang des animaux anesthésiés mis à l'air pur; le plasma en renferme moins que les globules au moment de l'anesthésie. — **M. G. Fauvel** a constaté qu'au régime sans purines le bicarbonate de soude n'a aucun effet sur l'excrétion des xanthouriques et de l'acide urique chez l'homme sain.

Séance du 4 Avril 1908.

MM. Ed. Lesné et **L. Dreyfus** ont constaté une augmentation des globules blancs du sang chez les animaux refroidis au-dessous de 29° et une forte diminution chez les animaux chauffés à 41°. — **M. Ed. Retterer** montre que le passage de l'état cartilagineux à l'état osseux a lieu comme suit : le cartilage prolifère et se transforme partiellement en tissu réticulé et vasculaire; le reste du cartilage persiste sous forme de travées de cellules et de substance fondamentale cartilagineuses formant un réseau spongieux. — **M. G. Weiss** a reconnu que le muscle de grenouille est remarquablement résistant à la privation d'oxygène; il peut fournir un travail considérable en l'absence de ce gaz. — **M. A. Sézary** montre que la lymphocytose céphalo-rachidienne de la syphilis secondaire est la conséquence d'un processus de méningite spinale. — **MM. A. Gilbert** et **P. Lereboullet** signalent de nouveaux faits établissant que le xanthélasma est sous la dépendance de la cholémie et peut survivre à la cause qui l'a produit. — **M. L. Ambard** a étudié les modifications de la respiration et de la pression artérielle produites par le chauffage des masses musculaires; elles paraissent imputables à des phénomènes d'autolyse consécutive à des lésions irréversibles déterminées par le chauffage. — **M. E. Fauré-Frémiet** a étudié quelques protozoaires à l'ultra-microscope; le cytoplasma apparaît comme une substance colloïde homogène. — **MM. L. Fortineau** et **Meignien** ont observé des modifications curieuses dans les réactions colorées d'un bacille d'Eberth ayant séjourné aux Grands-Mulets (3.057 m.). — **MM. M. Loeper** et **Ch. Esmonet** ont reconnu que le foie normal exerce une action empêchante sur les ferments digestifs qui viennent à son contact; le foie malade a une action antiprotéolytique moindre. — **M. F. Dévé** établit définitivement l'existence de kystes hydatiques primitifs de la plèvre. — **M.** et **Mme L. Lapicque** ont étudié l'influence de la température et de la vitesse propre du nerf sur l'excitation par double condensateur. — **M. P. Fauvel** a constaté qu'au régime sans purines la pipérazine n'augmente pas l'excrétion urique et elle donne de l'acide urique précipitable par HCl. — **M. E. Ducloux** a trouvé, dans la lymphangite épizootique du mulet en Tunisie, un protozoaire nouveau, de la catégorie des phagocytozoaires, qu'il nomme *Leucocytozoon piroplasmoides*. — **MM. J.-E. Abelous** et **E. Bardier** ont trouvé dans l'urine normale, parmi les matières solubles dans l'alcool, une ou plusieurs substances de nature organique qui déterminent une élévation manifeste de la pression sanguine. — **M. N. Fiessinger** décrit la technique des intoxications chroniques cirrhogènes. Le toxique le plus facile à expérimenter est le chloroforme, introduit par voie sous-cutanée. — **Mme Z. Gatin-Gruzewska, MM. A. Mayer** et **G. Schaeffer** ont étudié les empois d'amidon et leurs constituants à l'ultramicroscope; l'amylopectine est un gel; l'amylose est un sol. — **MM. Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** apportent une observation, contraire aux idées de **M. Villemin**, dans laquelle le rut s'est produit sans qu'il y ait dans l'ovaire la moindre trace de corps jaune. — **M. Pi Suner** décrit une nouvelle méthode de localisation physiologique dans les centres nerveux, reposant sur l'action paralysante de la cocaïne et les propriétés colorantes des solutions employées. — **M. A. Guieysse** a observé la caryoanabiose de têtes de spermatozoïdes absorbés par des cellules géantes expérimentales. — **MM. G. Roussy** et **I. Rossi** ont constaté, chez le chien, que l'ablation du cône terminal ou de la queue de cheval détermine des troubles très accusés, persistants et durables, dans le fonctionnement de la vessie et du rectum. — **MM. H. Roger** et **M. Garnier** montrent que la toxicité du contenu intestinal du lapin dépend des transformations subies par les aliments; la toxicité des sécrétions est négligeable.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 9 Mars 1908.

M. M. Lucien a observé, dans l'athrepsie, un abaissement considérable du poids absolu du thymus, correspondant à des lésions histologiques variées allant jusqu'à la dégénérescence fibreuse complète. — **MM. L. Spillmann** et **Lamy** montrent qu'une infection surajoutée à la syphilis peut modifier ou même empêcher la séro-réaction de Wassermann. — **MM. L. Richon** et **M. Perrin** ont observé, chez huit lapins soumis à l'intoxication tabagique, un retard de croissance très net, et chez deux d'entre eux, après cessation de l'intoxication, une reprise de croissance. — **M. M. Perrin** a reconnu que l'état de flaccidité de la rate avec plissement de la capsule chez certains cirrhotiques est un état de vacuité consécutif à l'hémorragie ou à l'anémie séreuse.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 19 Mars 1908.

MM. J. Athanasiu et **A. Gradinesco** montrent que l'adrénaline maintient la tonicité de l'endothélium vasculaire. — **M. V. Babes** admet que la transmission de la rage par la voie nerveuse a été élucidée d'une manière indépendante et à peu près simultanée par les recherches de di Vesta et Zagari et par les siennes. — Le même auteur met hors de doute l'existence de segmentations ou fragmentations vitales partielles, assez fréquentes, des fibres musculaires, en rapport avec des foyers inflammatoires nécrotiques ou scléreux. — **M. J. Bruckner** distingue le *Micrococcus catarrhalis* du gonocoque et du méningocoque par culture en bouillon-ascite ou bouillon-sérum, où le premier prolifère abondamment, le bouillon restant transparent, tandis que les seconds troublent le bouillon. — **MM. G. Marinesco** et **V. Gradinesco** montrent l'action analgésiante des sels de magnésium en injections arachnoïdiennes. — **MM. C. Parhon** et **C. Urechie** ont étudié l'influence sédative exercée par le chlorure de calcium sur les phénomènes convulsifs consécutifs à la thyro-parathyroïdectomie totale.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 13 Mars 1908.

M. E. Fourneau demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé le 22 février 1907, en son nom et au nom des Établissements Poulenc. L'auteur décrit un procédé de préparation d'oxomorpholines à la fois bétaïnes et cholines par l'action des éthers de l'acide phénylbromacétique sur les amines-alcools à fonctions amine et alcool tertiaires ou par l'action de la chaleur sur les éthers phénylbromacétylés des mêmes amino-alcools. — **M. P. Nicolardot** indique un nouveau mode de prélèvement des échantillons sur les cuirs, et montre comment on peut doser les différentes matières contenues dans les cuirs hongroyés. — **M. Alb. Colson** rappelle qu'il a montré que le sulfate de chaux détermine toujours la rétrogradation des phosphates solubles. Il indique, d'autre part, que le P blanc soluble n'est pas dans un état d'équilibre instable dont la forme finale serait le P rouge insoluble. Cette transformation est toujours accompagnée de phosphures d'hydrogène,

Digitized by Google

qui paraissent être les intermédiaires indispensables à la transformation. Si l'on empêche leur production en prenant un solvant oxygéné tel que le benzoate d'éthyle, il ne se fait plus de P rouge, même à 310°. — **M. M. Guerbet** a étudié l'action du benzylate de sodium sur les alcools benzylique, éthylique et propylique. Avec les deux derniers alcools, la réaction se passe normalement, et on obtient respectivement l'alcool benzyléthylique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2OH$, et l'alcool méthylbenzyléthylique $C^6H^5.CH^2.CH(CH^3).CH^2OH$. Avec l'alcool benzylique, il se produit du stilbène et du dibenzyle, qui se forment sans doute aux dépens du phénylbenzylcarbinol d'abord produit. — **M. V. Auger** répond à diverses critiques adressées à ses travaux. — **M. H. Gaudechon** présente le composé $(AzHg^2Cl)^3AzH^3$, corps jaune serin stable à 100°, obtenu dans l'action du gaz AzH^3 sous pression ou liquéfié sur le corps $AzHg^2Cl.H^2O$. Ce composé est décomposé par l'eau à 15°. Il est en outre capable de fixer 1 AzH^3 à l'état gazeux pour donner le corps $AzHg^2Cl.AzH^3$, dissocié à 0°, mais présentant une tension de dissociation fixe pour une température donnée. L'auteur en déduit que $AzHg^2Cl.H^2O$ peut être considéré comme un hydrate et que $AzHg^2Cl.AzH^4Cl$ est le chlorhydrate d'une base doublement complexe, qu'on peut écrire $[(AzHg^2Cl)AzH^3].HCl$.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE LONDRES

Séance du 6 Janvier 1908.

MM. F. Watts et **H. A. Tempany** : *Le pouvoir de conservation de la solution de Fehling et le procédé volumétrique de détermination des sucres réducteurs.* Les auteurs ont reconnu que la modification de Violette de la solution de Fehling peut être conservée mélangée, sans crainte de détérioration, à l'abri de l'air et de la lumière. Ils indiquent ensuite quelques moyens de remédier aux inconvénients de la détermination des sucres réducteurs par la méthode de Fehling et qui sont : l'incertitude du point final de la réaction, la variation continue du volume de la solution et l'incertitude de la correction à appliquer pour la présence éventuelle de sucrose.

Séance du 2 Février 1908.

Sir **F. L. Nathan** et **M. W. Rintoul** font un historique de la fabrication de la nitroglycérine depuis Sobrero, puis exposent leurs propres recherches sur ce sujet et les méthodes actuellement employées dans les fabriques modernes.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 7 Février 1908.

MM. G. J. Fowler, S. Evans et **A. C. Oddie** ont étudié les applications de l'essai de clarification aux eaux d'égout et résiduaires. Les matières oxydables, dans ces liquides, sont présentes sous trois états : matières lourdes en suspension, matières colloïdales et matières cristalloïdes. La durée et le caractère des changements dans ces trois groupes sont différents et dépendent de facteurs divers; aussi, les conditions de purification devraient-elles être étudiées séparément pour chacun d'eux. Dans ce sens, l'essai de clarification, basé sur la précipitation des matières colloïdes et en suspension par l'acétate ferrique, peut donner d'utiles indications.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 19 Décembre 1907.

M. Martens rend compte de ses expériences sur les *déformations des corps solides produites par les pressions uniformes élevées.* Le verre ne se déforme qu'à un degré très faible. Les poudres de sel gemme et de verre, ainsi que les substances fibreuses, forment un agrégat solide exempt de toute discontinuité, le verre conservant sa couleur blanche tandis que le sel gemme devient translucide. En s'inspirant des expériences faites, en 1855, par M. Auer, l'auteur a comprimé les fibres et autres corps sur des métaux, à des pressions très élevées. C'est ainsi qu'il a réalisé des empreintes peu définies de fibres de coton dans l'étain, le zinc, le laiton, le cuivre, le fer, pour les charges très faibles, tandis que des empreintes bien nettes, reproduisant jusqu'aux détails microscopiques de la surface, ne s'obtiennent qu'après avoir dépassé de beaucoup la limite d'écoulement du métal. Les chocs peuvent produire à leur tour l'enveloppement parfait, pourvu que leur énergie soit suffisante pour opérer l'écoulement du métal. L'auteur présente une collection de reproductions graphiques des figures d'écoulement (lignes de Lüder) observées après le surmenage du fer. — **M. Schottky** adresse une première Note sur les *relations entre les variables limitées à des régions données.* Soient données, dans les plans des variables x et y, deux régions A, B à liaison simple ou multiple : l'on recherche une relation analytique entre x et y en vertu de laquelle le point y serait astreint à rester dans la région B, si x est limité à la région A, et inversement. En même temps, y sera une fonction régulière, bien que multiple, de x dans la région A, et x une fonction régulière de y dans B. Après avoir retiré de ces conditions des conclusions bien définies, l'auteur discutera dans une Note ultérieure la représentation analytique de la relation (x, y). — **M. F. Mertens**[1] adresse un Mémoire *sur les équations cycliques aux unités du degré d'un nombre premier, dans la région de la racine carrée d'un nombre négatif.* Les résolvants de Lagrange des équations cycliques aux unités du degré $\lambda^{\text{ième}}$, dans la région $(\sqrt{D})$, — λ étant un nombre premier impair et D un nombre négatif, — sont réduits aux produits de puissance λ^2 : $P^m Q^n$, $(m, n = 0, 1, 2, 3 \ldots\ldots \lambda - 1)$ de 2 résolvants P, Q, dont l'un a, pour puissance $\lambda^{\text{ième}}$, une racine α d'unité $\lambda^{\text{ième}}$, tout en faisant partie d'une équation cyclique, tandis que l'autre résulte d'une unité déterminée de la région $(\alpha, \sqrt{D})$. — M. Auwers présente une Note de **M. Hartmann**, professeur à l'Observatoire Astrophysique de Potsdam, sur un *perfectionnement de la méthode de Foucault des tranchants de couteau, pour l'étude des objectifs de lunette.* La méthode des mesures extrafocales, indiquée par l'auteur en 1899, a permis pour la première fois de déterminer numériquement les erreurs dites zonales et l'astigmatisme des objectifs de lunette, en fournissant des données fort intéressantes sur certains instruments. Cette méthode, adoptée dans plusieurs usines optiques, a servi, entre autres, à éliminer le défaut principal de l'objectif de 80 centimètres de l'Observatoire Astrophysique. Elle est basée sur l'isolement, dans le faisceau cylindrique entrant dans l'objectif pointé vers une étoile fixe, de plusieurs faisceaux minces, au moyen d'un diaphragme perforé, placé devant l'objectif, l'allure de ces faisceaux étant déterminée au moyen de leurs intersections avec deux plans parallèles. Or, comme cette méthode présente certains inconvénients, l'auteur indique un perfectionnement de la méthode des tranchants de couteau, due à Foucault, l'observation oculaire étant remplacée par une vue photographique. En appliquant cette méthode à l'objectif mentionné ci-dessus, l'auteur confirme d'une façon générale les résultats obtenus avec l'ancienne méthode des mesures extrafocales, tout en constatant une richesse de détails bien plus grande des défauts restants de l'objectif.

ALFRED GRADENWITZ.

[1] Voir aussi (p. 338) la séance du 20 février 1908 de l'Académie des Sciences de Vienne.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 20 Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. F. Mertens** : Les équations abéliennes cubiques du domaine $\sqrt{-31}$. L'auteur montre qu'en dehors des équations de ce genre, déjà signalées par Kronecker en 1882, il en existe d'autres pour lesquelles le cube des résolvants de Lagrange n'est pas un cube au sens arithmétique.

2° Sciences physiques. — **M. Ed. Dolezal** : Sur la détermination graphique de l'intensité et de la quantité du rayonnement solaire. — **M. W. Schmidt** a déduit l'absorption du rayonnement solaire dans l'eau du coefficient d'Aschkinass et de la loi de Langley. Il trouve qu'à 0,1 m. de profondeur, près de la moitié de l'énergie est absorbée; à 1 m., le spectre ultra-rouge est presque complètement éteint; une quantité appréciable du rayonnement pénètre à plus de 100 mètres. Ces résultats concordent avec les observations. — **M. K. Przibram** a déterminé la mobilité des ions dans la vapeur d'eau et celle d'alcool par la méthode de Mache. Les valeurs trouvées en cm.-sec.-volt-cm. sont : pour l'eau, 0,77 et 0,73, pour les ions positifs et négatifs; pour l'alcool, 0,26 et 0,27. On en déduit que la condensation de ces vapeurs dans l'air ionisé se fait d'abord sur les ions négatifs pour l'eau et sur les ions positifs pour l'alcool, ce qui est conforme à l'expérience.

3° Sciences naturelles. — **M. R. von Ritter-Zahony** a étudié les Chétognathes recueillis par l'Expédition autrichienne dans les profondeurs de la Méditerranée orientale. — **M. F. Steindachner** décrit trois nouvelles espèces de poissons d'eau douce : le *Pimelodina goeldii* et le *Doras flavopictus* des affluents de l'Amazone et le *Homaloptera formosanum* trouvé dans le lac Candidius à Formose.

Séance du 5 Mars 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. F. Pozdena** déduit des diamètres de la Lune à l'horizon et au zénith, mesurés avec un appareil de son invention, la forme de la courbe dont la rotation engendre la voûte céleste apparente. Celle-ci est différente pour des observateurs et des temps différents. — **M. A. von Obermayer** montre que les méthodes actuellement employées dans la statistique de la nébulosité du ciel peuvent conduire à des erreurs lorsqu'il s'agit de déterminer la fréquence annuelle des nuages. Il cherche à exprimer par une formule le tableau de répartition de la nébulosité. — **M. R. von Sternek** a étudié la propagation de l'onde de la marée dans la mer Adriatique; elle se divise à ce point de vue en deux parties, séparées par une ligne Monte Gargano-Raguse. Au sud, le régime de la marée est à peu près celui de la Méditerranée; au nord, il est différent.

2° Sciences physiques. — **M. G. Jaumann** expose sa théorie électromagnétique, qui part de la conception de vibrations propres chimiques des milieux, comme transformations périodiques de deux états chimiques indépendants l'un dans l'autre, reconnaissables aux transformations de la perméabilité paramagnétique en perméabilité diamagnétique du milieu, vibrations qui peuvent donner directement naissance à des actions électriques. — **M. J. Donau** a fait des essais polarimétriques avec de très petites quantités de liquides renfermés dans les tubes capillaires noirs d'Emich; les résultats sont les mêmes que dans le tube polarimétrique large ordinaire. — **M. H. Milrath**, en faisant réagir la phénylhydrazine sur une solution acétique d'urée, a obtenu soit l'acétylphénylhydrazine, soit le phénylsemicarbazide, soit un mélange des deux.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Steindachner** décrit une espèce nouvelle de *Bergiella* de La Plata, la *B. platana*; il montre que le *Brachyplatystoma göldii* et le *Platystoma mucosa* sont identiques avec le *Brachyplatystoma filamentosum*, puis que l'*Homaloptera formosum* doit être rangé parmi les *Crossostoma* sous le nom de *C. lacustre*. — **M. O. Pesta** décrit un nouveau *Micronisceus* de la Méditerranée orientale.

Séance du 11 Mars 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. Ph. Frank** : Les équations intégrales dans la théorie des petites vibrations des fils et le principe de Rayleigh.

2° Sciences physiques. — **M. H. Kudjelka** a préparé les sels de Cu, Co et Ni de l'acide α-amino-*n*-capronique racémique et des deux acides optiquement actifs. Les sels actifs sont plus solubles que les racémiques.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Steindachner** décrit une nouvelle espèce de *Brachyplatystoma* du rio Parnahyba, le *B. parnahybae*, et une variété à taches nombreuses du *Giton fasciatus* des eaux de Santos. — **M. R. Pöch** adresse quelques notes sur sa Mission dans le désert de Kalahari.

Louis Brunet.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Fubini** étudie l'influence d'une couche cohérente dans un champ électromagnétique; les résultats de cette étude sont en complète contradiction avec les idées de M. Kasper, et se rapprochent des observations de MM. Pender et Crémieu.

2° Sciences physiques. — **M. A. Righi** rappelle les phénomènes qui se produisent lorsqu'un tube de décharge à gaz raréfié se trouve placé dans un champ magnétique suffisamment intense; il donne une explication de ces phénomènes, dont il attribue la formation à une nouvelle espèce de rayons que l'on pourrait comparer à des solénoïdes magnétiques très flexibles, que M. Righi appelle *rayons magnétiques*. — **M. M. Cantone**, au cours d'une étude sur les courants thermoélectriques, eut l'occasion d'appliquer les lois de Kirchhoff à un système de fils en dérivation entre deux points de concours, maintenus à des températures différentes; il résume les résultats relatifs à une semblable disposition et présente quelques déductions sur la nature des courants thermoélectriques. — **M. G. A. Blanc** relate les résultats qu'il a obtenus en étudiant les matières radioactives renfermées dans l'atmosphère de Rome et de ses alentours, qui démontrent que l'émanation thorique se répand continuellement du terrain dans l'air; des expériences faites dans le but de déterminer la quantité de thorium renfermée dans le sous-sol de Rome prouvent que le sous-sol doit renfermer une quantité de thorium capable de produire l'émanation qu'on observerait si le 0,00166 °/₀ de sa masse était constitué par de l'hydroxyde de ce métal. — **M. G. B. De Zoni** rapporte les intéressantes expériences que Giacinto Cestoni exécuta en 1698, et qui sont relatives à l'impossibilité de transformer l'eau de mer en eau douce, en la faisant filtrer à travers les parois poreuses d'un vase en terre cuite. Ces résultats, obtenus il y a 210 ans, se trouvent aujourd'hui confirmés par les recherches de M. Thoulet sur la filtration de l'eau de mer à travers le sable, recherches que l'auteur a communiquées récemment à l'Académie des Sciences de Paris. — **M. A. Menozzi**, remarquant que le nombre des substances retirées des animaux et des plantes et rangées dans le groupe de la cholestérine devient chaque jour plus grand, et que leur connaissance est encore très limitée, donne les résultats de ses recherches de chimie biologique sur les cholestérines des œufs et de la graisse des chrysalides des vers-à-soie; dans cette dernière, avec la collaboration de **M. A. Moreschi**, il a trouvé de la paraffine dans les parties non saponifiables de cette graisse. — **MM. M. Padoa** et **U. Fabris** s'occupent de la méthode d'hydrogénation catalytique de Sabatier et Senderens, et font une étude chimique et physique de la question qui se rattache à tout le champ des recherches sur les actions catalytiques. — **MM. G. Ciamician** et **F. Silber** décrivent

Digitized by Google

leurs recherches sur les actions chimiques de la lumière. — **M. M. Padoa** s'occupe de la question de savoir si l'iodure d'amidon est un composé d'addition ou bien une solution de l'iode dans l'amidon; malgré les expériences de M. Katayama, l'auteur maintient l'opinion que l'iodure d'amidon est un composé d'addition et donne les raisons de son affirmation. — **M. L. Cambi** poursuit l'étude quantitative de la scission des heptanitrosulfures avec les sels d'argent, dans un milieu acide. — **MM. L. Francesconi** et **G. Gusmano** décrivent des composés que l'on obtient par l'action de l'hydroxylamine.

3° Sciences naturelles. — **M. G. Dal Piaz**, ayant visité la région trentine pour mieux relever le Jurassique des Alpes Feltrines, a examiné les fossiles des stratifications coralligènes du Mont Zovo, près Mori, et il en établit l'âge; c'est un gisement bathonien qui correspond au *Great Oolite* des géologues anglais. — **M. M. Ravagli** étudie les calcaires nummulitiques des environs de Florence, et décrit les nummulites du bassin florentin comme élément pour la détermination chronologique des diverses stratifications. — **M. A. Serra** présente le résultat de ses observations sur les basaltes de la Sardaigne septentrionale, pour déterminer la vraie nature de ces roches, et pour en établir, à l'aide d'un examen microscopique et chimique, leurs ressemblances et différences. — **M. G. van Rynberk** s'occupe d'une disposition particulière qui se trouve dans le squelette cutané de quelques Sélaciens, et qui consiste en de grosses dents attachées aux flancs des poissons; avec des mouvements appropriés et avec le secours de cette râpe caudale, les poissons arrivent à faire lâcher prise aux ennemis qui cherchent à les retenir. — **M. P. Enriques** s'occupe d'un nouvel Infusoire oligotriche (*Turbilina instabilis* n. gn. n. sp.) qu'il a découvert en étudiant la faune protistologique des eaux de Bologne. — **M. A. Ghigi** propose et décrit un schéma de classification générale des pigeons domestiques, profitant des observations qu'il a recueillies pendant quinze années d'élevage. — **MM. U. Lumbroso** et **A. Sacerdote** s'occupent des modifications histologiques que subit le pancréas du lapin, après la ligature du canal excréteur de cet animal.

Ernest Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 29 Février 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. Cardinaal** : *Quelques constructions déduites du mouvement d'un système plan.* 1. Correspondance quadratique entre les points du système et les centres de courbure de leurs trajectoires. 2. Construction du centre de courbure d'un point donné. Application à deux exemples : le mouvement elliptique et sa transformation projective, le mouvement cardioïdal. Les deux systèmes simplement infinis de coniques qui correspondent aux positions de deux droites déterminées. Dans le mouvement elliptique, les coniques correspondant à la droite de longueur constante dont les extrémités se meuvent sur deux axes rectangulaires forment un système (6, 12). — **M. W. Kapteyn** : *Sur la multiplication de séries trigonométriques.* Si les fonctions $f(x)$ et $\varphi(x)$ sont finies et continues entre les limites $x=0$ et $x=\pi$, on a :

$$f(x)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx+\frac{1}{2}a_0=\sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx,$$

$$\varphi(x)=\sum_{n=1}^{\infty} a'_n \cos nx+\frac{1}{2}a'_0=\sum_{n=1}^{\infty} b'_n \sin nx,$$

$$f(x)\varphi(x)=\sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos nx+\frac{1}{2}A_0=\sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin nx.$$

L'auteur détermine les coefficients A_n et B_n en fonction des autres. Ensuite il s'occupe des coefficients de $f^2(x)$, du théorème de Parseval et de quelques identités, comme :

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(4n^2-1)^2}=\frac{\pi^2}{16}-\frac{1}{2},$$

etc. — **M. P. H. Schoute** : *Sur des réseaux quadridimensionaux et leurs sections avec des espaces* (seconde partie). Les sections du réseau (C_8). L'auteur se restreint aux sections de transition (où l'espace sécant contient un certain nombre de sommets) et aux sections intermédiaires bisécant la distance de deux sections de transition adjacentes. Représentation des polytopes d'intersection sur deux planches, dont l'une fait connaître les projections de ces polytopes sur un diamètre du réseau, tandis que l'autre en donne les formes en perspective parallèle. — **M. J. C. Kapteyn** : *Sur la densité d'étoiles moyenne à des distances différentes du système solaire.* Dans la séance d'avril 1901 (*Rev. gén. des Sc.*, t. XII, p. 451), l'auteur s'est occupé de la « courbe de clarté » des étoiles et de la loi d'après laquelle la densité d'étoiles (le nombre des étoiles contenues dans l'unité de volume, c'est-à-dire dans un cube dont l'arête a une longueur correspondant à une parallaxe $\pi=0'',1$) diminue à mesure qu'on s'éloigne du système solaire. Il supposait alors qu'il n'y a pas absorption de lumière dans l'espace, supposition qu'il conserve encore ici. Il trouvait que la courbe de clarté ne varie pas sensiblement si l'on varie entre certaines limites les données dont on l'a déduite; de plus, il fixait l'attention sur ce que la détermination de la décroissance de la densité quand la distance augmente n'était que très provisoire. Sa discussion a été remise à une communication postérieure, dans laquelle on pourrait tenir compte de plus amples données. Ces données sont principalement les nombres totaux des étoiles de différentes grandeurs et leurs parallaxes moyennes. Quant à ces nombres, toute la matière accessible à l'auteur a été préparée (voir *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen*, n° 18) et les résultats sont très satisfaisants pour les étoiles plus claires que 11,5 et encore assez satisfaisants jusqu'à celles de la 15e grandeur. Quoique les parallaxes moyennes fassent encore défaut, on peut déduire déjà des nombres d'étoiles seuls une correction considérable de la distribution de la densité, surtout pour les grandes distances. La présente communication contient cette correction. Une détermination spéciale pour les différentes latitudes gallactiques n'a pas encore été entreprise, parce que l'auteur préfère y joindre la discussion de l'efficacité de l'hypothèse que la courbe de clarté (la loi de la distribution) est la même pour les différentes parties du système. Dans ce but, l'auteur a amassé déjà une quantité respectable de données; néanmoins, il ne sera à même d'entreprendre ce travail qu'après un certain laps de temps. Ici il essaie de donner une première idée sur la densité d'étoiles, en particulier pour des distances inaccessibles il y a sept années. Ce travail s'occupe tout aussi bien des distances mineures, quoique l'auteur ne soit pas certain *a priori* qu'à cet égard il soit arrivé à une véritable correction. — Ensuite M. J. C. Kapteyn présente, au nom de **M. W. de Sitter** : *Sur les masses et les éléments des orbites des satellites de Jupiter.* Les déterminations des quantités mentionnées dans le titre, et de la masse et de la constante d'aplatissement de la planète elle-même, reposent presque exclusivement sur les observations héliométriques et photographiques faites à Capetown, Poulkowa et Helsingfors de 1891 à 1904. De plus, l'auteur a pris en considération les observations héliométriques faites par Bessel à Kœnigsberg de 1832 à 1839 et les valeurs du nœud du second et du « perijovium » du quatrième satellite pour 1750,0 tirées des observations de Delambre. Pourtant, ces dernières n'ont joué qu'un rôle inférieur; ainsi, en réalité, la

Digitized by Google

détermination des masses et des éléments est indépendante de toute observation d'éclipse. Avant 1891, à l'exception des éclipses, on n'a pas fait de séries d'observations pour la détermination des éléments des orbites. Les séries de Bessel, d'Airy et d'autres, exécutées dans la première moitié du siècle précédent, se rapportaient principalement à la détermination de la masse de Jupiter; aussi ces observateurs ont mesuré presque exclusivement des élongations des satellites. La série d'observations due à Gill à Cape-Town (1891) et les photographies prises, sur l'avis de Backlund, d'abord par Donner et ensuite jusqu'en 1898 par Kostinsky, sont les premières séries d'observations des satellites dans tous les points de leurs orbites. Toutefois l'étude des observations de Gill par l'auteur a induit Cookson à faire des observations héliométriques (1901, 1902) et photographiques (1902, 1904) à l'Observatoire de Cape-Town. Ici l'auteur dépose les résultats de ses recherches, se basant sur tout ce matériel, obtenu par un travail de dix années.

2° Sciences physiques. — **M. P. Zeeman** : *Nouvelles expériences sur la décomposition asymétrique des triplets par le magnétisme.* Examen de l'asymétrie par la méthode de Fabry et Perot. Détermination de la charge totale des électrons. Les asymétries du tungstène et du molybdène. Expériences de M. Jack. Expérience dans la direction des lignes de force magnétique. La raie moyenne d'un triplet a-t-elle la même longueur d'onde que la raie originale? — Ensuite M. Zeeman présente : *Variation de la longueur d'onde de la raie moyenne des triplets dans le champ magnétique* (première partie). Jusqu'à présent, on a supposé tacitement que la raie moyenne de triplets, ou d'autres figures de décomposition symétriques dans le champ magnétique, ne bouge pas. La remarque que l'asymétrie se présente plusieurs fois là où l'on pouvait s'attendre à la symétrie, a induit l'auteur à examiner si parfois un déplacement de la raie originale pendant la magnétisation pouvait être la cause de cette asymétrie. Les expériences montrent que cette supposition est fondée, quoi qu'elle n'explique nullement la position asymétrique de la raie extrêmement faible figurant comme disturbance entre les composantes du doublet de la raie 5791. — **M. H. E. J. G. du Bois**, aussi au nom de **M. G. J. Elias** : *L'influence de la température et de la magnétisation sur les spectres d'absorption sélective.* Il y a huit années, M. du Bois remarquait (voir Rapp. Congrès de Phys., t. II, p. 487) : « Dans le système naturel à masses atomiques croissantes, on peut distinguer sept séries d'éléments paramagnétiques consécutives; les séries d'ordre pair sont moins prononcées au point de vue paramagnétique que celles à numéros impairs ». Ces dernières sont :

(1) *O.*
(3) *Sc* (?), *Ti*, *V*, *Cr*, *Mn*, *Fe*, *Co*, *Ni*, *Cu*.
(5) *La* (?), *Ce*, *Pr*, *Nd*, *Sa*, [*Eu*], *Gd*, [*Tb*, *Dp*], *Er*, *Yb*.
(7) *Ra* (?), *Th* (?), *U*.

Ici les auteurs se bornent à l'examen de celles de ces matières qu'on peut obtenir assez facilement en morceaux assez gros. — **M. H. Kamerlingh Onnes** présente au nom de **M. W. H. Keesom** et en son propre nom : *Sur l'équation d'état d'une substance à la proximité du point critique fluide-gaz.* I. La fonction perturbatrice à la proximité de l'état critique. Dans cette communication, les auteurs mettent en rapport la grande compressibilité à la proximité de l'état critique et quelques particularités de l'équation expérimentale d'état dans ce domaine. A cette fin, ils comparent entre elles l'équation expérimentale d'état d'une substance à la proximité du point critique indiqué et une équation théorique qu'ils appellent l'équation d'état spéciale imperturbée de la substance, obtenue à l'aide de formules d'interpolation appliquées à des expériences en des domaines où les perturbations propres au point critique ne se présentent pas. La différence entre ces deux équations est due à des termes dont l'ordre de grandeur est tel qu'ils se manifestent, par rapport à l'exactitude des expériences, exclusivement à la proximité du point critique. L'ensemble de ces termes est appelé la fonction perturbatrice de l'équation d'état. Les trois groupes de données qui forcent à accepter l'existence de la fonction perturbatrice. II. Examen spectrophotométrique de l'opalescence d'une substance à la proximité du point critique. 1. Introduction. 2. Arrangement des expériences. 3. Expériences. 4. La grandeur des particules dispergentes. 5. La quantité de matière condensée dans les particules dispergentes à des températures diverses. 6. Remarques sur les expériences suivantes sur le brouillard à la proximité de l'état critique. — Ensuite **M. Kamerlingh Onnes** présente au nom de **M. J. Becquerel** et en son propre nom : *Les spectres d'absorption des composés des terres rares à des températures qu'on obtient à l'aide de l'hydrogène liquide et leurs variations dans le champ magnétique.* Par ses recherches, J. Becquerel a démontré que les spectres d'absorption en question, observés jusqu'à la température de l'air liquide, peuvent faire connaître de nouvelles données relatives au nombre et au mouvement des électrons correspondants. Aussi les auteurs ont cru devoir continuer ces recherches à la température plus basse de l'hydrogène liquide. Les appareils destinés à l'observation de ces spectres ont été transportés de Paris à Leyde, au Laboratoire cryogène de M. Onnes. Environ deux cents spectrogrammes montrant les phénomènes observés ont été obtenus. L'étude de ces spectrogrammes exigeant un temps considérable, les auteurs se bornent ici à la communication de quelques faits qui se manifestent tout de suite. 1. Introduction. 2. Appareil. I. Phénomènes qui ne dépendent que de la température. 3. Simplification des spectres. 4. Intensité maximum de chaque bande à une température déterminée. 5. Variation en largeur. 6. L'approche de la double réfraction des cristaux dans les parties non absorbées du spectre à une limite. 7. Rapport de la variation des bandes d'absorption se présentant à des températures très basses avec la théorie des électrons. II. Phénomènes dépendant à la fois de la température et de l'intensité du champ magnétique. 8. Invariabilité de la variation de la durée d'une vibration sous l'influence du champ magnétique à toutes les températures. 9. Polarisation partielle des composantes de quelques bandes. 10. Asymétrie des composantes polarisées à droite et à gauche. 11. Variation de la rotation magnétique du plan de polarisation à la proximité des bandes d'absorption. *a.* Bandes simples. *b.* Bandes composées. 12. Pouvoir de rotation magnétique des cristaux paramagnétiques. 13. Rapport des phénomènes d'asymétrie avec la théorie des électrons. 14. Variabilité de la masse des électrons avec la direction du mouvement. Le travail est illustré par cinq planches. — **M. A. P. N. Franchimont** présente au nom de **M. D. H. Brauns** : *Un tétracétate cristallisé de d.-fructose.*

3° Sciences naturelles. — **M. S. H. Koorders** : *Contribution à la connaissance de la Flore de Java.* 1. Conditions de position, moyens de dispersion et de distribution géographique des espèces de *Myricaceae* sur les montagnes de l'île de Java. — **M. G. A. G. Molengraaff** présente, pour les Mémoires de l'Académie, au nom de **M. J. Schmutzer** : « Bydrage tot de kennis der oude eruptiefgesteenten en amphiboolschisten aande rivieren Sèbilit en Tèbaveng in Centraal Borneo » (Contribution à la connaissance des roches éruptives anciennes et des schistes amphiboliques dans deux rivières du Bornéo central).

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Martheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 9 15 MAI 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Nouvelle petite planète ou satellite de Jupiter. — Depuis le 27 janvier, les astronomes sont plongés dans une singulière incertitude qui rappelle en petit celle qui s'est présentée lors de la découverte d'Uranus, pris d'abord pour une comète.

A cette date, M. Melotte, astronome à l'Observatoire de Greenwich, a remarqué, sur la photographie de la portion du ciel qu'il venait de prendre, un astre de seizième grandeur, dont l'éclat atteignait presque les limites de la visibilité. Ce corps fut considéré, à première vue, comme un membre nouveau de l'immense famille des petites planètes et fut catalogué provisoirement sous la désignation G J 1908.

Mais, ce curieux objet céleste ayant été observé à Greenwich à sept reprises différentes et photographié le 3 mars par le Professeur Wolff, à Heidelberg, des doutes surgirent. Comme il se maintient dans le voisinage de Jupiter, on se demande si ce ne serait pas là un huitième satellite de l'immense planète.

Les observations faites depuis la découverte tendent à démontrer un mouvement rétrograde de ce satellite. Le pôle de son orbite serait par 334° 48′ AR et +56° 44′ D. Il serait à une distance de Jupiter de 0,24 en unités astronomiques, c'est-à-dire à environ le quart de la distance qui nous sépare du Soleil. Son mouvement quotidien ne serait que de 0°,266 autour de Jupiter. L'arc parcouru depuis la découverte est donc très petit, de telle sorte qu'on ne peut émettre encore de conclusions bien affirmatives.

Les nouveaux satellites minuscules découverts depuis quelques années autour de Jupiter et de Saturne ne seraient-ils pas des petites planètes capturées par les deux géants du système du monde ?

La formation de notre satellite. — Le Professeur W. H. Pickering, qui s'était occupé autrefois de la formation de la Lune, est revenu tout dernièrement sur cette intéressante question. Au moment de la publication de son Atlas Lunaire, il avait émis l'hypothèse que notre satellite a son origine dans le grand bassin océanique du Pacifique, qui est grossièrement circulaire et ne contient pas de grandes masses continentales.

Le savant professeur a repris cette théorie et l'a remaniée quelque peu, essayant de l'étayer sur des considérations plus sérieuses et de montrer qu'elle s'accorde avec la forme particulière de notre Globe.

D'après lui, avant la naissance de la Lune, la Terre était déjà recouverte d'une croûte solide de 57 kilomètres d'épaisseur, de densité 3,2, chiffre un peu inférieur par conséquent à la densité actuelle de la Lune. Les trois quarts de cette croûte se seraient détachés sous l'influence des marées solaires à une époque où la période de rotation était d'environ 5 heures. Le dernier quart restant s'est brisé en deux, par suite de la secousse, et a formé les deux grandes masses continentales de l'Ancien et du Nouveau Monde. Ces deux masses, flottant sur le globe liquide, se sont éloignées l'une de l'autre, peut-être sous l'action des marées lunaires, laissant entre elles l'Océan Atlantique et la Mer Arctique. Ainsi se trouverait expliqué, d'après M. Pickering, le parallélisme remarquable constaté entre les rivages opposés de l'Atlantique.

A cette hypothèse, intéressante surtout en raison de la notoriété de l'auteur, on peut faire des objections capitales, qui semblent d'ores et déjà la classer au nombre des théories arbitraires.

Au point de vue astronomique, il est difficile de comprendre que l'ensemble du système Terre-Lune ait pu tourner en moins de 24 heures. On sait, en effet, que la période de rotation d'une planète ne peut que s'accélérer par la contraction. Dans l'ensemble des périodes géologiques, la Terre devait donc tourner en un temps beaucoup plus grand que celui de la période actuelle. Nos données cosmogoniques sont, d'ailleurs, trop peu précises pour qu'on puisse en inférer des chiffres aussi déterminés que ceux de M. Pickering.

Comment expliquer encore, par ce seul fait des marées solaires, que la Lune puisse se détacher lorsqu'elle est déjà solidifiée, pour donner naissance à un corps sphérique ? Cette sphéricité parfaite et l'ensemble des causes volcaniques qui ont remanié le sol lunaire prouveraient plutôt en faveur d'une fluidité primitive.

Quant aux caractères géologiques terrestres invoqués pour soutenir l'hypothèse, ils ne sont guère meilleurs.

Digitized by Google

Le parallélisme des rives opposées de l'Atlantique est presque trop parfait pour que nous puissions supposer qu'il ait pu se continuer à travers les périodes géologiques, c'est-à-dire pendant au moins 60 millions d'années. Personne n'a encore pu réfuter l'hypothèse tétraédrique de Lowthian Green, qui nous paraît expliquer merveilleusement la configuration très générale ainsi que la répartition des continents terrestres. Nous disons très générale, car, de l'avis des géologues, les principales lignes de structure remontent au début de la solidification de la croûte et ont persisté à travers les variations secondaires du sol. Il faudrait aussi tenir compte, dans cette structure primaire, du continent australien rattaché à l'Asie par l'archipel de la Sonde. La cuvette circulaire du Pacifique, d'où se serait détachée la Lune, est donc plutôt apparente que réelle, et rien dans la théorie géologique de Green ne laisse place à un vide inexpliqué.

Enfin, au point de vue cosmogonique, il nous serait plus difficile encore de souscrire à l'hypothèse de M. Pickering. Les travaux récents, depuis les études de M. Faye et de M. du Ligondès, semblent avoir abandonné l'explication de la naissance des satellites par la rupture d'anneaux détachés de la planète. Tout porte à croire, au contraire, que les satellites sont formés d'amas destinés primitivement à grossir le Globe planétaire de leur région. Ainsi la Lune n'aurait jamais fait partie des matériaux terrestres, et se serait condensée à une époque antérieure à la solidification de notre Globe. En somme, l'hypothèse de M. Pickering, tout en n'étant pas suffisamment étayée sur des données bien précises, nous paraît plutôt, à ce dernier point de vue, un grand pas en arrière.

Th. Moreux,
Directeur de l'Observatoire de Bourges.

L'héliomicromètre de Hale. — Les *flocculi*, taches brillantes existant normalement à la surface du Soleil, peuvent être enregistrés par le spectrohéliographe, en utilisant à volonté diverses raies du spectre. La voie est ainsi ouverte à plusieurs genres d'études : soit que l'on veuille caractériser les flocculi par leurs formes, leur composition chimique, leur distribution en altitude; soit que l'on veuille prendre l'aire totale des flocculi comme mesure de l'activité solaire.

Dans ce dernier cas, il importe de traduire sous une forme condensée la position et l'étendue totale des flocculi rencontrés sur les photographies journalières. La méthode suivie à Greenwich, pour la statistique des taches, demanderait trop de temps et de calculs; M. G. E. Hale a réalisé une solution plus expéditive par l'héliomicromètre[1] : deux télescopes permettent de viser à la fois, par l'intermédiaire de miroirs plans, une photographie solaire et un globe porteur de cercles divisés; l'orientation de la photographie est assurée par une plaque de contrôle où l'on a laissé se former deux images successives du Soleil. La précision obtenue a été trouvée suffisante jusqu'à une distance de 50° du centre apparent de l'astre.

§ 2. — Mécanique appliquée

Sur un cas singulier du vol de l'épervier. — Dans une précédente Note[2] concernant le vol des oiseaux, j'ai laissé de côté un cas extrêmement intéressant et que je considère comme une des plus ingénieuses applications des lois de la Mécanique : je veux parler de l'épervier, lorsque, guettant sa proie, il s'immobilise absolument dans l'espace, le bec au vent, les ailes étendues et comme s'il était fixé à l'extrémité d'une perche.

Tous ceux qui, comme moi, ont pu l'observer dans cette position, qui semble si contraire aux lois connues, ont cependant remarqué que les plumes de l'oiseau semblaient animées d'un mouvement fébrile, et plusieurs auteurs ont caractérisé ce mouvement par un mot très judicieux, en disant que l'oiseau laissait voir un certain « frémissement » de ses plumes.

Ces auteurs ajoutent, par contre, que c'est la bête elle-même qui fait frémir ainsi ses ailes, afin de ramer contre le vent qui tend à l'entraîner en arrière, et aussi afin de contre-balancer l'effet de la pesanteur.

Cette explication me paraît tout à fait insuffisante. En effet, dans leur ensemble, les ailes restent absolument immobiles, ainsi que l'on peut s'en assurer en les regardant avec attention et au moyen d'une lorgnette. D'ailleurs, pour admettre le frémissement des plumes comme étant le résultat d'un travail musculaire fourni par l'oiseau, il faudrait admettre aussi que les plumes sont mises en mouvement par des muscles spéciaux, ainsi que le sont, par exemple, les doigts de la main, doigts qu'on peut faire mouvoir sans bouger celle-ci.

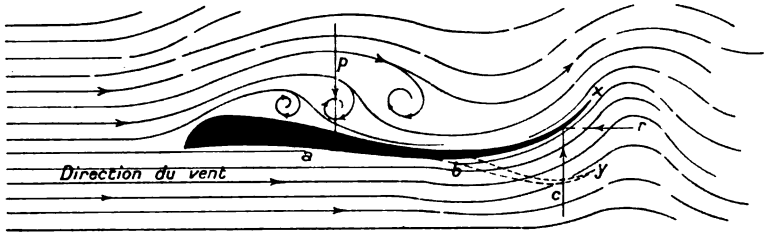


Fig. 1.

Je crois donc qu'il faut chercher ailleurs l'explication du paradoxe. Peut-être se trouve-t-elle tout simplement dans les lois de l'écoulement d'un fluide. Examinons donc un épervier arrivant vent debout et voulant tout à coup s'immobiliser en un point de l'espace; pour y parvenir, il n'a que deux effets à contre-balancer, celui de la pesanteur et celui de l'entraînement dans le sens du vent. Pour équilibrer son poids, le vent étant supposé horizontal, il n'a qu'à donner à ses ailes une légère inclinaison sur l'horizon; et l'angle d'attaque sera même presque nul en raison de la forme du tranchant des ailes, ainsi que cela est figuré au croquis ci-joint (fig. 1), dont la partie teintée en noir représente une coupe transversale d'une aile, c'est-à-dire une coupe dans le sens du vent régnant.

En effet, ce tranchant est à peu près plat sous l'aile, mais il présente un renflement sur le dessus, cette bosse étant formée par les os et les muscles.

L'air, passant rapidement sur ce renflement, est obligé de tourbillonner par derrière, ainsi que cela arrive toutes les fois qu'un fluide s'écoule à l'arrière d'un obstacle quelconque. L'effet de ce tourbillonnement est double : C'est d'abord de créer une dépression atmosphérique au-dessus de l'aile et, comme la pression en dessous reste constante et se trouve même augmentée par le passage des veines aériennes sur la partie légèrement inclinée de l'aile de *a* en *b*, on voit tout de suite que la sustentation est très facilement obtenue, puisque l'oiseau tend à être soulevé par cette différence dans les pressions qu'il reçoit au-dessus et au-dessous de sa voilure.

Le second effet du tourbillonnement, c'est de produire un ralentissement de la vitesse du vent au-dessus de l'aile, puisqu'en effet l'air s'y dilate et occupe, par conséquent, un emplacement plus grand; mais il y a plus : l'air éprouve une tendance à rebrousser chemin, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en regardant par exemple la vapeur d'échappement d'une machine. Tout le long du jet, on constate de petits tourbillons dus au

[1] *Contributions from the Solar Observatory, Mount Wilson, California*, n° 16.
[2] Voir la *Revue* du 15 avril 1908, p. 258.

Digitized by Google

frottement de la vapeur contre l'air stagnant, et l'on peut suivre très bien leur rebroussement et leur ralentissement par rapport au jet principal.

Il y a donc déjà là pour l'oiseau un effet très avantageux et qui l'aide à contre-balancer l'entraînement qu'il tend à subir de la part du vent. Il ne lui manque donc plus qu'un certain appoint pour parfaire l'équilibre contre le vent dans le sens horizontal. Comment peut-il trouver cet appoint ? Eh bien, il me semble que c'est encore dans l'écoulement de l'air le long de son plumage.

Tout le monde a pu voir de ces longues touffes d'algues flexibles qui croissent dans le lit de certaines rivières et dont chaque brin, soumis au courant, décrit indéfiniment des sinusoïdes, ce qui lui permet de subir le courant avec une fatigue réduite au minimum. Chacun a pu voir sinusoïder dans le vent un ruban attaché par l'une de ses extrémités au bout d'un bâton. Cela veut dire que, toutes les fois qu'un fluide s'écoule le long d'un corps flexible, il ne suit plus la ligne droite, mais décrit des courbes alternant rapidement en sens inverses.

Les ailes de l'oiseau, très rigides à l'avant, sont, au contraire, de plus en plus flexibles vers l'arrière et vont même jusqu'à finir en lame de rasoir; elles vibreront donc à l'arrière sous l'action du courant d'air.

Mais, contrairement à ce qui a lieu pour les algues ou pour le ruban dont il vient d'être question, la flexibilité des plumes est comparable à celle d'un ressort d'acier, susceptible de se bander, puis de reprendre sa forme primitive aussitôt que cesse l'effort qui l'obligeait à fléchir, en restituant alors le travail emmagasiné par sa mise en tension.

Chaque fois donc que les branches des sinusoïdes aériennes présentent leur mouvement ascendant, ce mouvement donne lieu à une composante verticale c, en opposition avec le poids p de l'oiseau et, en bandant l'arc fourni par les plumes, cette composante donne en même temps une résultante horizontale r, procurant ainsi une part de l'appoint demandé pour compenser l'entraînement dans le sens du vent. L'autre part de cet appoint est fournie par le coup de fouet de x en y, résultant du redressement du ressort constitué par les plumes aussitôt que se présentent les branches descendantes des sinusoïdes.

On pourrait dire que l'épervier, nouveau calculateur, fait l'intégrale des travaux élémentaires successifs, chacun de ces travaux résultant des coups de godille xy à grande fréquence qu'ont remarqués les observateurs.

Ch. Weyher.

§ 3. — Physique

La commande à distance, au moyen des ondes acoustiques, des opérations mécaniques. — On a indiqué, dans ces derniers temps, plusieurs procédés pour employer les ondes électriques à la commande à distance de certaines opérations mécaniques (mise en marche des machines, tirage des torpilles, direction des aérostats et des sous-marins, etc.). On a même pensé d'une façon fort sérieuse à la transmission sans fil des documents graphiques[1]. La méthode proposée par M. John Gardener[2] mérite d'être signalée à nos lecteurs, non pas seulement pour sa conception originale, mais pour l'intérêt pratique qu'elle présente. Elle permet d'utiliser les ondes acoustiques pour l'agencement d'un effet mécanique, dans le cas où il n'existe pas de communication matérielle entre les postes de départ et d'arrivée respectivement. Ce nouveau procédé semble être appelé à rendre des services fort précieux, surtout pour les signaux nautiques.

Le principe du procédé Gardener consiste à disposer un vibrateur, de préférence sous la forme d'une bande d'acier, à l'endroit exposé aux ondes acoustiques qui arrivent, par exemple à la coque d'un vaisseau. Ce vibrateur est actionné par toutes les impulsions auxquelles le point en question est exposé; étant accordé pour une note donnée, cette dernière est seule renforcée à un degré suffisant pour agencer l'effet mécanique, par la résonance du vibrateur et l'intermédiaire d'un relais sensible. Comme les vibrations acoustiques reçues sont d'une amplitude microscopique, les relais ordinaires (même ceux qui répondent à un déplacement d'environ 1/400 cm.) ne sauraient évidemment être employés. Aussi M. Gardener se sert-il d'un microphone à pointe de charbon, dont la pointe, attachée au vibrateur, se met à vibrer, avec la bande oscillante, toutes les fois qu'un son différent de la note accordée vient à frapper le microphone. Lorsque au contraire ce son correspond à la note pour laquelle le vibrateur a été accordé, la pointe du microphone restera stationnaire relativement au vibrateur. A l'état de repos de ce dernier, ou à l'arrivée d'un son discordant, la pression de la pointe de charbon est, par conséquent, constante, tandis qu'à l'arrivée du son choisi, le contact entre la pointe de charbon et le vibrateur est altéré. Ces deux parties du dispositif communiquent avec une source de courant à très bas potentiel et avec la bobine d'un relais à résistance très élevée, disposé de façon que le courant normal total pendant l'état de repos du microphone soit juste suffisant à maintenir la languette du relais dans la position correspondant à la fermeture du courant local dans la télégraphie ordinaire. Aussitôt que les contacts microphoniques sont altérés sous l'action des ondes acoustiques d'une longueur appropriée, la résistance dans ce point étant accrue, le courant affaibli parcourant la bobine du relais est incapable de retenir la languette du relais; cette dernière, ayant été lâchée, se rendra vers le contact opposé en fermant le circuit local, qui restera fermé aussi longtemps que le vibrateur sera frappé par le son choisi pour établir l'accord et que le microphone sera influencé. Le relais lui-même n'exécute pas de vibrations; la position de la languette du relais, sous l'action d'un son continué pendant deux secondes, est, en effet, constante, évitant les altérations de contact dues aux oscillations rapides.

L'auteur recommande d'utiliser de préférence un relais polarisé; une autre possibilité consiste à se servir d'un relais affectant la forme d'un ampèremètre, dont l'indication maxima n'est que de peu supérieure à l'intensité traversant le microphone à l'état de repos. L'aiguille de cet instrument, qui n'est autre que le contact mobile du relais, fermera un circuit local en venant toucher un contact fixe sur le cadran.

Lorsqu'il y a plusieurs sons interférant les uns avec les autres ou que la station réceptrice est quelque peu bruyante, on peut disposer plusieurs microphones en parallèle à travers les bobines d'un seul relais; lorsque, par exemple, on dispose de trois microphones attachés à des vibrateurs accordés pour *do*, *mi*, *sol*, respectivement, le relais ne sera actionné, et la machine ne sera agencée que si ces trois notes viennent frapper le vibrateur simultanément. Cette disposition garantit parfaitement contre des perturbations quelconques.

Le procédé décrit ci-dessus semble devoir être employé avec succès, non seulement pour donner des signaux sous-marins d'un vaisseau à l'autre, mais, par exemple, pour actionner un télégraphe imprimeur installé à bord d'un vaisseau. Par l'intermédiaire d'un dispositif approprié, on peut même réaliser l'agencement simultané ou successif de plusieurs effets mécaniques, — mise en route, direction ou arrêt des hélices de vaisseau, inflammation des explosifs, etc., — et comme la note accordée peut être chantée à quelque distance de l'appareil d'une voix très faible, ce dispositif obéit littéralement aux commandes orales de l'opérateur.

[1] *Revue générale des Sciences*, n° du 30 novembre 1907, p. 906.
[2] *Electrical Review* (Londres), n° 1568, 1907.

Digitized by Google

§ 4. — Sciences médicales

La résection du genou. — La résection du genou est une opération qui a pour but d'enlever toutes les parties constituantes de l'articulation du genou, surtout dans les cas d'infection tuberculeuse de cette partie du corps. Jusqu'à une époque très rapprochée, cette opération comportait d'effrayantes mortalités : à l'Etranger, en groupant les meilleurs chiffres, on obtenait 35 à 36 °/o de morts; en France, en réunissant les cas heureux, on arrivait à 57 °/o; enfin, dans les hôpitaux de Paris, les chiffres réels variaient de 80 à 90 °/o de mortalité.

Or, le Dr Lucas-Championnière vient de communiquer à l'Académie des Sciences une statistique très intéressante, portant sur 136 résections du genou qu'il a opérées lui-même de 1880 à 1907. Il n'a perdu qu'un seul de ses malades, et encore s'agissait-il d'un absinthique, mort, trente-six heures après l'opération, de délire alcoolique. La résection a été appliquée à des malades chez lesquels tout autre chirurgien eût pratiqué d'emblée l'amputation de la cuisse; cela a permis, dans quelques cas, de conserver le membre, alors que tout espoir semblait perdu.

Toutes les opérations du Dr Lucas-Championnière ont été faites en suivant la méthode de Lister, sans avoir recours aux méthodes dites *aseptiques*, dans des salles hospitalières communes. On peut conclure de cette belle série de résections du genou, l'une des plus nombreuses qu'un seul chirurgien ait réunies en aucun pays, que cette opération, autrefois si meurtrière, est, grâce à la Chirurgie moderne, devenue d'une bénignité absolue.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Les récents percements des Alpes autrichiennes. — L'Autriche est en train d'achever toute une série de voies ferrées transalpestres pour se mettre en relations plus directes avec le Sud. Jusqu'à présent, Vienne n'était en communication avec Trieste que par une seule voie ferrée, passant par Gratz et Laibach, la ligne du Semmering, construite en 1853, qui suit les derniers massifs des Alpes, pour descendre ensuite, en lacets, du Karst sur l'Adriatique. Sa forme en S allongeait jusqu'à presque 600 kilomètres la distance entre la capitale et le grand port autrichien.

Trois nouvelles lignes sont déjà achevées. Celle du Wochein relie Trieste à la vallée de la Save; mais, au lieu de tourner les Alpes Juliennes, comme la ligne du Semmering, elle les traverse en leur milieu, en suivant le cours de l'Isonzo. La ligne des Karawanken perce le massif calcaire du même nom, mettant en communication directe les vallées resserrées de la Save et de la Drave. La ligne du Pyrhn, ainsi nommée d'une montagne qu'elle traverse, remonte la vallée de la Steir et franchit le massif qui la sépare de la haute vallée de l'Enns.

Une quatrième ligne sera terminée en 1908 : c'est celle des Tauern, la plus difficile de toutes. Elle réunira, à travers la chaîne cristalline des Höhe Tauern, la vallée de la Drave à celle de la Salzach. Le grand tunnel vient d'être achevé, après six ans d'un travail opiniâtre. Sa longueur est de 8.526 mètres, percés à travers le granit et le gneiss. L'entrée nord commence près de Gastein, à 1.173 mètres d'altitude; la ligne s'élève jusqu'à 1.225 mètres, puis redescend vers l'entrée sud, jusqu'à Rallnitz, à 1.219 mètres. Cette voie ferrée sera, entre celle du Semmering et celle du Brenner, une des grandes routes des Alpes. « L'ensemble de ces nouvelles lignes, écrit M. G. L. Jaray, transforme complètement le système des communications ferrées dans l'Autriche occidentale. Jusqu'à présent, il se composait principalement de deux lignes longitudinales : Innsbruck à Vienne, et Franzensfeste à Marburg, et de deux lignes transversales, celle du Brenner (Innsbruck à Vérone) et celle du Semmering avec ses deux branches, l'une vers Trieste, l'autre vers l'Italie par la passe de Tarvis. Le grave défaut de ce système était l'éloignement considérable des deux lignes transversales. Les nouvelles voies y remédient pleinement; elles constituent une nouvelle ligne transversale à trois branches : la ligne du Wochein est le tronc commun; la première, par Villach et la ligne des Tauern, aboutit dans l'Autriche de l'ouest; la deuxième branche, par Klagenfurt, coupe droit vers Linz; la troisième branche, enfin, double la ligne actuelle du Südbahn, de Trieste à Vienne[1]. »

Ces voies ferrées raccourcissent notablement les distances. C'est la Carinthie, la Haute-Autriche, le Salzbourg et la Bohême qui en bénéficieront le plus. On évitera ainsi la congestion des transports qui se produisait sur le Südbahn aux époques de presse, et la rapidité du trafic s'en trouvera accrue[2]. Le commerce entre Vienne et Trieste ne peut qu'y gagner. Mais c'est ce dernier port qui va prendre de ce fait une importance nouvelle et devenir peut-être ce à quoi il était géographiquement destiné : l'emporium de l'Europe centrale vers le Sud. Les nouvelles voies vont lui fournir ce qui lui manquait : des communications aisées avec le centre de l'Empire, en le plaçant au point de jonction de deux grandes lignes, l'une allant par les Tauern vers l'Allemagne du Sud, l'autre, par Vienne, recueillant le commerce du cœur de l'Autriche.

Fig. 1. — *Carte des voies ferrées à travers les Alpes autrichiennes.*

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] *La Géographie*, 15 octobre 1906.

[2] Le commerce de Trieste est d'une nature spéciale : il varie selon l'époque et dépend de l'affrétage en ce qui concerne les principaux articles, le café, le jute, le coton et le sucre. Le commerce est généralement très actif, de septembre à mai, moment des expéditions du sucre, mais c'est aussi l'époque de la mauvaise saison.

Digitized by Google

LES REPRODUCTIONS ARTIFICIELLES DE ROCHES ET DE MINÉRAUX [1]

Il y a 26 ans que nous avons traité, mon maître et ami Fouqué et moi, de la synthèse des minéraux et des roches [2]. L'apparition de notre ouvrage coïncidait avec le rapide développement des méthodes optiques et micro-chimiques qui venaient de permettre à la Pétrographie moderne de prendre l'essor que l'on sait; on pouvait dès lors procéder à la détermination précise des associations des minéraux microscopiques, notamment de la pâte de nombreux porphyres, et des magmas de seconde consolidation des roches volcaniques plus ou moins vitreuses. La forme des microlites, leurs clivages, leur biréfringence, les maximas d'extinction dans leurs zones d'allongement, leur polychroïsme; puis successivement les propriétés optiques en lumière convergente, les réfringences (Becke), l'éclairement commun des minéraux zonés, fournissaient aux pétrographes des procédés de détermination précise que n'ont jamais eus les méthodes par attaque superficielle et par réflexion, avec lesquelles on est réduit à observer les métaux et leurs alliages.

Dès lors, la fusion purement ignée prit brusquement, en matière de synthèse, une importance dont nous avons eu, Fouqué et moi, la bonne fortune de profiter les premiers.

Depuis cette époque déjà lointaine, la science a progressé; nous avons eu de nombreux successeurs, et il m'échoit la chance d'avoir assez longtemps vécu pour pouvoir vous soumettre, à un tiers de siècle de distance, mon appréciation personnelle sur les travaux passés et sur les tendances théoriques nouvelles de l'époque présente.

I. — Première période.

Les premiers essais de synthèse datent de la fin du XVIIIe siècle; c'est en 1790 que James Hall commença ses expériences sur la *fusion* des laves, il avait même été précédé dans cette voie par Faujas de Saint-Fond (1787); il fut suivi par Gregory Watt (1804), puis par une pléiade de savants (1805-1808), qui s'occupèrent surtout des produits de dévitrification des fours à verres.

Ce dernier genre de synthèses, que nous pouvons qualifier d'*accidentelles*, a été dès lors surtout étudié par des savants allemands, qui le sont poursuivies dans les produits des laitiers et des scories de l'industrie, tandis que les Français recherchaient davantage les synthèses *voulues*. Notons cependant, parmi les synthèses accidentelles étudiées en France, les zéolites de Plombières (Daubrée, 1872), la rhabdite, l'anorthite, l'augite et la cordiérite des houillères embrasées (Mallard, 1881; Lacroix, 1891), les plagioclases des cendres de Graminées, provenant de l'incendie des meules (Vélain), les phosphates de fer et de chaux hydratés des ossements : vivianite, brushite (Lacroix).

Ainsi le premier effort a porté sur la *fusion ignée*; il est resté à peu près stérile, parce que les moyens d'étude des émaux obtenus étaient insuffisants. Beaucoup plus tard, Daubrée (1866) s'est de nouveau adressé à la fusion purement ignée pour reproduire les lherzolites et les météorites; les recuits étaient insuffisants pour les minéraux recherchés, et il n'a obtenu que des squelettes cristallitiques; aussi ses conclusions ont-elles été flottantes et restrictives, notamment pour les météorites, qu'il a considérées surtout comme tributaires de réactions par volatilisation.

Dès lors, pour obtenir des cristaux maniables et mensurables, les chercheurs ont modifié les modes de fusion; ils ont recouru à l'emploi de *fondants volatils ou lixiviables* : c'est ainsi que Gaudin (corindon, 1837) a utilisé l'alun de potasse pur ou mêlé de sulfate de potasse; Ebelmen (1851) a obtenu la plupart des gemmes par fusion dans le borax ou dans l'acide borique et volatilisation de l'excès du fondant; Henri Sainte-Claire Deville et Caron (1858) ont produit les apatites et les wagnérites par fusion dans un grand excès de fluorure et de chlorure de calcium.

C'est aux tungstates alcalins que Hautefeuille a recouru pour obtenir le quartz, la tridymite, l'orthose, l'albite, etc. (1877).

Durant cette brillante période de synthèses, Daubrée (1849) et Henri Sainte-Claire Deville (1858), développant une idée dont le principe est dû à Elie de Beaumont, se sont servis de matières volatiles actives pour en faire des *minéralisateurs*; la cassitérite, le corindon, le rutile, l'apatite et, en général, toute la flore des minéraux accompagnateurs des filons d'étain, sont tributaires de ce genre de synthèse; certaines pegmatites concrétionnées s'y associent dans la Nature.

Mais un progrès plus marquant encore était réservé aux chercheurs de cette première période. C'est Schafhaütl qui, le premier (1845), a songé à faire réagir l'*eau sous pression*, c'est-à-dire à une température supérieure à 100°, sur la silice gélatineuse; on possède peu de détails circonstanciés

[1] Cours professé au Collège de France en 1907-1908.
[2] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*... Paris, Masson, 1882.

Digitized by Google

sur les cristaux obtenus. En tout cas, de Sénarmont (1851) a, lui premier, réalisé avec certitude la synthèse du quartz par voie humide et obtenu, dans des tubes de verres scellés à la lampe et chauffés dans des récipients métalliques, la plupart des minéraux des filons métallifères, sulfures, etc.

Daubrée obtint (1857), en outre, un pyroxène (dont il confia en 1890 l'étude cristallographique à M. Lacroix), de l'opale et des sphérolites négatifs de calcédoine.

MM. Friedel et Sarasin ont perfectionné (1879) le dispositif opératoire de la voie humide sous pression, en doublant le tube d'acier résistant d'un revêtement de platine et le munissant de deux fermetures à plateaux boulonnés qui permettent d'en nettoyer l'intérieur après l'opération. Ils ont été les premiers à obtenir, dans ces conditions et simultanément, l'orthose et le quartz, l'albite et le quartz, en opérant sur un silicate d'alumine en présence de solutions des silicates alcalins étendus. Mais il ne faut pas se faire d'illusions sur la température maximum qu'on peut obtenir ainsi ; elle ne dépasse pas celle du rouge cerise; car au delà le métal perd toute résistance, se boursouffle et éclate. Il est peu probable que l'on ait jamais atteint 500° dans les expériences précédentes.

En résumé, cette première période aborde les produits de la *fusion purement ignée*, sans constater avec précision d'autres faits que l'apparence cristalline de certains culots.

La *fusion avec fondants volatils* s'exerce avec succès sur les gemmes, les apatites et wagnérites, etc.

Avec les *fondants non volatils*, dont on se débarrasse après coup par lixiviation et autres moyens d'épuration, nous abordons les fécondes expériences de Hautefeuille, que de récentes observations nous permettent d'assimiler, au moins pour partie, à l'action des minéralisateurs. Telles sont les expériences de fusion avec les tungstates alcalins et l'acide tungstique.

Daubrée et l'École de Henri Sainte-Claire Deville nous apprennent à utiliser les *minéralisateurs* fondus ou vaporisés ; une partie des minéraux accompagnateurs des filons d'étain sont tributaires de ce genre de synthèses.

Enfin, l'*eau sous pression*, en tubes hermétiquement clos, nous donne, avec Sénarmont, Daubrée, Friedel et Sarasin, Ch. et G. Friedel, les sulfures métallifères, le quartz et les feldspaths alcalins, entre 350 et 450°.

II. — Deuxième période.

De 1878 à 1881, nous avons obtenu, Fouqué et moi, par *fusion purement ignée et recuit*, les plagioclases, de l'anorthite à l'oligoclase-albite, la leucite, la néphéline hexagonale et monoclinique (calcédonieuse), l'hypersthène, l'enstatite accompagnée d'un pyroxène purement magnésien, les pyroxènes, le péridot, le fer oxydulé, les spinelles.

Jusqu'à présent, les expérimentateurs s'étaient principalement servis des fours de l'industrie, pratique à laquelle nous verrons, d'ailleurs, M. Morozewicz recourir, lui aussi. Nous avons utilisé les fours Schlœsing et Forquignon et Leclerc, ce dernier soufflé par une trompe à eau. Pour la détermination des températures, nous n'avions comme points de repère que la fusion des métaux : or, argent, cuivre, fer et acier, platine.

Nous avons également obtenu des associations de ces divers minéraux, andésites, labradorites, basaltes, diabases ophitiques, péridotites et météorites.

Il m'est assez difficile de rendre compte de l'état actuel de la science des synthèses, sans chercher à donner une idée de l'influence, en somme durable, que nos résultats ont exercée. Au moment de leur apparition (1878-1881), l'impression a été vive ; car nous étions les premiers à démontrer que la fusion purement ignée peut donner naissance aux roches à plagioclases et à feldspathides ; MM. Zirkel et Rosenbusch nous ont comblés d'appréciations flatteuses. Une pléiade de savants, M. Doelter et ses élèves en tête, ont recommencé, varié et confirmé nos expériences ; en général, les expérimentateurs géologues sont encore bienveillants ; les chimistes mêlent à leurs louanges le sel d'une critique d'ordre général, portant tantôt sur nos déductions théoriques, tantôt sur l'absence d'analyses chimiques postérieures à la fusion et à la cristallisation de mélanges de composition connue, comme s'il était possible de séparer après coup, avec une suffisante précision, des microlites de nature variée. Il est à remarquer que les plus acerbes de ces critiques proviennent de l'Ecole polonaise et de chimistes, tels que M. Tscherwinsky, qui reconnaissent avoir peu opéré par eux-mêmes et qui ne font aucune application des méthodes de déterminations micrographiques. Nous citerons, cependant, un passage de M. Morozewicz[1], de Varsovie :

« Sans exagérer les mérites de Fouqué et Michel-Lévy, on peut dire que leur œuvre a fait époque dans la Minéralogie et la Pétrographie. Il suffit de se rappeler qu'avant ces chercheurs, la science avait des idées erronées sur la formation des plus importants minéraux qui constituent les roches, notamment des feldspaths.

« Les savants, même les plus compétents, Mitscherlich, Gustave Rose, Sorby, etc., croyaient qu'il

[1] *Tsch. Mitt.*, 1898, t. XVIII.

Digitized by Google

était impossible de les reproduire par simple fusion des parties composantes.

« Ce préjugé et les conceptions liées avec lui sur la genèse des roches furent uniquement écartés par les expériences de Fouqué et Michel-Lévy. »

III. — Troisième période.

Après avoir convenablement apprécié ce *satisfecit*, il nous est plus facile de juger des progrès que la science doit, en matière de *fusion ignée*, à nos successeurs; d'abord son domaine a été considérablement agrandi. Wernadsky obtient la sillimanite (silicate d'alumine) par fusion de ses éléments, ou du mica blanc, ou encore par réchauffement, au-dessous de 1350°, de l'andalousite ou du disthène (1890, Moscou, p. 83).

Dès 1882[1], nous avions obtenu, par fusion du mica noir, un corps micacé, palmé, brun, polychroïque, à deux axes. Ce corps paraît bien être un mica noir; il avait été observé à diverses reprises dans les scories de l'industrie. Nous verrons plus loin que M. Doelter l'a obtenu par fusion avec un fondant fluoré.

En 1898, M. Morozewicz étudie la condition de cristallisation, par fusion ignée, de l'alumine (corindon), du silicate d'alumine (sillimanite), des aluminates de magnésie et de fer (spinelles), enfin du silico-aluminate de magnésie (cordiérite). Ce dernier minéral avait déjà été obtenu par M. Bourgeois (1884) en compagnie du pyroxène magnésien; de sorte qu'en réalité le grand mérite de M. Morozewicz consiste à avoir établi que la sursaturation de l'alumine commence quand elle dépasse, dans un bain fondu, la proportion canonique des feldspaths et feldspathides (oxygène (1 : 3). Dès lors, s'il n'y a pas grand excès de silice, c'est-à-dire si la proportion d'oxygène de la silice ne dépasse pas 24, c'est le corindon qui se produira; ou encore le spinelle s'il y a disponibilité de magnésie ou de protoxyde de fer. S'il y a excès de silice, sans disponibilité de magnésie, la sillimanite prendra naissance; enfin, s'il y a en même temps disponibilité de magnésie, on verra se produire la cordiérite. Le retentissement de cette théorie de la sursaturation d'alumine s'est exercé dans une direction pratique, à propos des enclaves des roches éruptives et volcaniques et de leurs phénomènes de contact; les travaux de M. Lacroix sur les enclaves et les contacts des gabbros et les synthèses de M. Doelter sur les fragments de calcaires plongés dans des magmas volcaniques fondus, y trouvent un appui solide et des confirmations théoriques. La cordiérite des houillères embrasées, le corindon de certains granites, les spinelles secondaires des nombreuses enclaves, la sillimanite des gneiss, vont avec l'excès d'alumine apporté en général par les schistes dans leurs contacts avec les roches éruptives. Notons en passant que M. Doelter a trouvé, sur le bord de ses calcaires plongés dans des magmas basiques fondus, de l'augite, du fer oxydulé et peut-être de la gélénite.

M. Morozewicz (1898) a réussi à obtenir par fusion ignée la noséane, l'haüyne, la sodalite et un grenat sodifère (la goriolite). Il rappelle que M. Lemberg a obtenu par voie humide une néphéline hydratée, et Ch. et G. Friedel une noséane également hydratée.

En 1894, M. Thugutt, par fusion de la néphéline hydratée de Lemberg, a produit une néphéline qu'il qualifie de natron-anorthite; naturellement, M. Tcherwinsky profite de cette détermination pour jeter un doute sur la vraie nature minéralogique de la néphéline que nous avons décrite et obtenue en 1878[1] et que M. Doelter a annoncé avoir également reproduite en 1884[2]. Voici la description de M. Thugutt[3] : « Les cristaux présentent individuellement des contours grossièrement hexagonaux et sont *presque* tous caractérisés par des lamelles maclées polysynthétiques. Les extinctions ne sont nullement longitudinales; dans des prismes de 0 mill. 076 de longueur, elles atteignent environ 36°. Il ne nous a malheureusement pas été possible de voir une bonne image des axes en lumière convergente. »

Voici maintenant nos propres descriptions de 1882 :

« Quand on opère sur un mélange de silice, d'alumine et de carbonate de soude 1 : 3 : 4....., on obtient par fusion et recuit peu prolongé..... de petits prismes hexagonaux ($0^{mm},12$ de longueur sur $0^{m},08$ de largeur), doués des propriétés optiques de la néphéline..... à un axe négatif en lumière convergente.

« Quand on part d'un mélange légèrement surchargé en silice (1 : 3 : 4 1/2), on obtient un culot entièrement cristallisé.....; les lamelles cristallines sont composées de nombreux cristaux élémentaires se pénétrant mutuellement et constituant des mâcles multiples..... » Nous avons appelé cette variété néphéline calcédonieuse, et l'examen de nos plaques m'a récemment montré : 1° que la néphéline proprement dite, à un seul axe optique négatif, y existe abondamment; 2° qu'elle s'associe à un

[1] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, p. 127.

[1] *Synthèse*, p. 156.

[2] *Ztsch. für Kryst.*, 9, p. 321. Voir également les très jolies photographies de reproduction de la néphéline de M. Hans Héribert Reiter : *N. Jhb.*, XXII, p. 204 et pl. VII, fig. 3, pl. IX, fig. 2, 1906.

[3] *Neues Jahrb.*, 1894-1895, t. IX, p. 562.

Digitized by Google

corps maclé qui est vraisemblablement l'anorthite sodifère de M. Thugutt. Il s'agit évidemment d'un polymorphisme analogue à celui de la wollastonite et de la pseudo-wollastonite; mais, dans l'état actuel de la science, nous ne savons dans quel ordre et à quelle température précise cristallisent les deux néphélines; toutefois, d'après nos plaques (Fouqué et Michel-Lévy), nous pouvons augurer que le recuit à température un peu plus basse que celle de la fusion de la néphéline favorise la production de la néphéline triclinique.

Nous arrivons aux travaux récents, en particulier à ceux que les libéralités de M. Carnegie ont outillés d'un matériel nouveau et perfectionné : l'emploi du four électrique Moissan, celui des fours à spirales de platine chauffées par le passage d'un courant électrique et qui peuvent atteindre 1.600°; l'utilisation des preuves Seger dans l'industrie, du couple Le Chatelier platine-rhodium dans les expériences délicates, donnent aux derniers travaux un cachet de précision que complètent les photomètres perfectionnés pour la détermination des très hautes températures. Le pisé des fours réfractaires, jadis simplement composé de terre réfractaire, admet la magnésie, le corindon, voire le zircon.

Le tube à pression Spezia peut parfois remplacer le tube Friedel et permet aussi la mesure précise des températures jusqu'à 400°; de tous les appareils clos, le seul susceptible de résister aux pressions internes jusqu'à 1.000° est le creuset en platine à 10 °/₀ d'iridium que nous avons utilisé, Fouqué et moi, en 1891.

MM. Arthur Day et G. T. Allen, secondés, au point de vue des déterminations microscopiques, par M. Iddings (1905), nous donnent une belle et précise monographie des conditions physico-chimiques dans lesquelles prennent naissance les principaux plagioclases. Toutes les données de nos expériences sont confirmées et précisées; l'anorthite fond en verre liquide, qui cristallise facilement en cristaux de grande taille, à une température très élevée, 1.532°. Puis viennent les bytownites à 1.500°, les labradors jusqu'à 1.419°, l'andésine à 1.367°, l'oligoclase à 1.340°. La fusion seule de l'albite a pu être étudiée, car sa viscosité l'empêche absolument de cristalliser; elle fond probablement à 1.245°. La viscosité et la difficulté de cristalliser vont sans cesse en croissant avec l'acidité. On remarquera combien l'appréciation faite par nous des températures de fusion, anorthite aux confins des dispositifs 1 et 2, labrador 2 et 3, ordre anorthite, labrador, oligoclase, était préférable aux températures soi-disant précises, déterminées par M. Dœlter au moyen de ses fusions électriques sous le microscope (de 1.132° pour l'anorthite à 1.120° pour l'oligoclase) ou par M. Joly au meldomètre (dilatation d'une règle de platine), 1.220° pour l'oligoclase, 1.230° pour le labrador. Ce n'est pas pour le vain plaisir de relever des inexactitudes graves que nous faisons ces rapprochements. De pareilles erreurs ont été commises pour un grand nombre d'autres minéraux; le péridot, par exemple, coté à 1.300° par M. Dœlter, et qui ne fond, d'après nos expériences, qu'aux confins des dispositifs 1 et 2, c'est-à-dire à plus de 1.500°; la leucite, cotée à 1.030° par M. Joly [1], et qui, d'après M. Dœlter, fondrait à 1.310°, d'après M. Brun, à 1.560°. Cette dernière détermination est en concordance avec nos appréciations [2]. Dans ce dernier cas, on saisit sur le fait le mode de procéder d'une partie des chimistes qui ont critiqué nos idées théoriques; M. Tscherwinsky et M. Reiter (1906) s'appuient, en effet, sur de grossières erreurs de ce genre, pour combattre la loi empirique que nous avons émise à propos de l'ordre de consolidation des mélanges de silicates fondus. Cette loi les représente comme cristallisant, *sauf exception*, dans l'ordre même de leur fusibilité. On verra plus loin que M. Vogt, comme conclusion de ses études sur l'eutectisme, la considère comme pratiquement vérifiée dans le plus grand nombre des cas. M. Brun, de Genève, avait cependant déjà critiqué ces erreurs et cherché à les rectifier.

Les conclusions de MM. Day et Allen sont que la série des plagioclases est probablement une série isomorphe, et que les minéraux ne sont pas polymorphes dans les limites de température expérimentées.

Sur les silicates calciques, et notamment sur la wollastonite monoclinique, la pseudo-wollastonite hexagonale, etc., nous avons deux études tout à fait intéressantes, l'une due à MM. G. T. Allen et W. P. White, avec études optiques confiées à M. E. Wright [3], l'autre à MM. Day et Shepherd, études optiques de M. Wright [4]. Cette dernière a permis aux auteurs de dresser un schéma analogue à ceux que nous sommes accoutumés à voir attribuer aux alliages. Les abscisses y sont fournies par le °/₀ de chaux des silicates, les ordonnées par les températures; la courbe des fusions présente deux maximas et trois minimas eutectiques. Pour n'y puiser qu'un exemple, nous suivrons l'ordonnée correspondant à 37 °/₀ de chaux, métasilicate. Elle correspond à un eutectique fondant à 1.415°; c'est la température de fusion de la pseudo-wollastonite hexagonale, qui reste stable jusqu'à 1.200° environ. Au-dessous de cette température, le méta-

[1] Congrès géologique de 1900, 2e fasc., p. 689-709, Paris.
[2] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, 1882, p. 53.
[3] *Am. J. of Sc.*, t. XXI, 1906.
[4] *Am. J. of Sc.*, t. XXII, 1906.

Digitized by Google

silicate stable est la wollastonite naturelle, monoclinique, que l'on obtient facilement par un recuit prolongé de l'autre.

Un travail complet, coordonné par les cinq auteurs, vient de paraître [1].

Les silicates de magnésie viennent aussi d'être traités par MM. Allen, Wright et Clément. Grâce à la collaboration d'un pétrographe compétent, les travaux antérieurs sont utilisés; il leur est rendu justice; nous en trouvons la preuve dans la façon dont la découverte de notre pyroxène magnésien monoclinique, dans les météorites artificielles et dans la météorite naturelle de Rittersgrün [2], est présentée au lecteur.

Il se trouve que de 1.521°, point de fusion du métasilicate de magnésie, à 1.300°, c'est le seul minéral stable. L'enstatite ne prend naissance qu'au-dessous de 1.300°.

Il est clair que les produits de la fusion purement ignée demandent à être étudiés avec une extrême précision et à la lumière des procédés les plus perfectionnés de la Chimie physique; c'est seulement à ce prix qu'on peut espérer augmenter le champ du *polymorphisme*, et appliquer les courbes de fusibilité à la recherche des *points eutectiques*.

Avant de quitter la fusion ignée, il convient de faire mention de la mémorable synthèse du diamant dans la fonte par Moissan ; la température de fusion de la fonte est, en somme, très modérée et le carbone se dissout dans le fer (1.600°) pour cristalliser par refroidissement lent en graphite; le diamant doit se produire au-dessous de la température de cristallisation du graphite; l'artifice employé par Moissan, et qui consiste à plonger une masse de fonte fondue dans l'eau, doit amener, en outre, une pression interne considérable. L'existence du diamant dans les fers natifs terrestres et météoriques peut être rapprochée de la synthèse de Moissan.

Un essai de M. Friedländer [3] mériterait une confirmation : M. Friedländer fond une quantité d'olivine de façon à l'amener à l'état bien fluide (d'après M. Brun, l'olivine fond à 1.730°); puis il agite le bain fondu avec une baguette de charbon; la partie ainsi amenée au contact du charbon se colore en noir. Au microscope, on y voit des cristaux et des squelettes de magnétite, et de très petits octaèdres et tétraèdes (0,001^{mm}) d'une substance brune, très réfringente, dont la poudre raie la topaze et le rubis. Inattaquables, même à chaud, par l'acide sulfurique et l'acide fluorhydrique, ils ont un indice plus élevé que celui de l'iodure de méthylène (1,747), une densité un peu supérieure à 3,3; ils *brûlent dans l'oxygène* et supportent sans changement la calcination dans l'acide carbonique (le diamant naturel a un indice de 2,439 et une densité de 3,44). C'est l'association du diamant, dans les cheminées d'explosion du Cap, à de nombreux fragments de gabbro à olivine, qui a inspiré M. Friedländer.

La *fusion après addition de fondants*, si brilamment utilisée par M. Hautefeuille, a donné quelques très curieux résultats nouveaux ; M. Doelter [1] attribue des propriétés *minéralisatrices* aux très petites quantités de fluorures et chlorures alcalins, de phosphates, de borates, de tungstates que contiennent certains magmas; en tous cas, ils abaissent les températures de fusion. Ce sont ces fondants qui ont permis à M. Dœlter d'obtenir par fusion l'amphibole et les micas.

Il ne faut pas oublier que le mica noir n'a aucune tendance à intervenir dans la fusion ignée simple; on se rappellera qu'une de nos expériences a consisté à fondre ensemble mi-partie de biotite et mi-partie de microcline. Le résultat a été une roche à leucite et péridot [2]; la leucite et la néphéline sont remplacées dans les roches profondes par les micas noirs et les feldspaths, et ce fait, surabondamment prouvé par notre expérience synthétique, a été confirmé par les observations pleines d'intérêt de M. Iddings sur les lamprophyres de la série de l'Absaroka et par celles de M. Pirsson dans les Highwood-Mounts.

Une éclatante confirmation de l'action puissante et quasi-minéralisatrice de certains fondants en petite quantité, agissant pendant longtemps, nous a été fournie par la plus remarquable expérience de M. Morozewicz (1898); il s'est attaqué aux verres des liparites et, dans le chapitre qu'il leur a consacré, il commence par rappeler notre expérience [3] dans des creusets en platine iridié (à 10 °/₀ d'iridium), capables de résister sous pression à une température de plus de 1.000°. Nous indiquerons plus loin, à propos de l'action de l'eau sous pression, les résultats obtenus : des verres de granites et de porphyre pétrosiliceux nous ont donné des orthophyres micacés. Pour M. Morozewicz, il faut une sorte de *stimulus* pour provoquer la sursaturation dans les verres acides; le stimulus peut être la vapeur d'eau, il peut aussi consister dans des traces d'acide tungstique.

M. Morozewicz est parti d'un verre de liparite à 78 °/₀ de silice, lui a ajouté 1 °/₀ d'acide tungs-

[1] *Tsch. Mitt.*, t. XXVI, 3e partie, 1907.
[2] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, p. 71.
[3] *Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleisses*, Berlin 1898, et Refer : *N. J.*, 1899, I, 202.

[1] Petrogenetische Folgerungen, *N. Jb.*, 1907.
[2] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, p. 77.
[3] Fouqué et Michel-Lévy : *C. R.*, 1891, t. CXIII, p. 283.

Digitized by Google

tique et l'a chauffé pendant quatorze jours entre 800 et 1.000°. Il s'y est produit des traînées blanchâtres et d'autres d'un jaune-grisâtre. Les premières montrent au microscope de petits dihexaèdres du quartz; les secondes, de fines lamelles jaunes polychroïques de biotite. Il y a, en outre, des sphérolites et des cristaux fins de sanidine, doués de la macle de Carlsbad. La remarquable synthèse de M. Morozewicz prouve donc que les trois principaux éléments du granite peuvent être reproduits artificiellement par voie sèche avec simple adjonction de 1 °/₀ d'acide tungstique, dans des verres compacts, au-dessous de 1.000°.

Pour rendre compte du rôle que joue ce fondant en si petite quantité et à une température franchement inférieure à la fusion de l'ensemble, il faut se reporter à une des principales synthèses de Hautefeuille, celle de l'albite, en présence d'un excès de tungstate de sodium. Hautefeuille[1] décrit la méthode qu'il a employée, comme consistant à dissoudre du silicate d'alumine dans le tungstate alcalin et à chauffer longtemps le mélange. Et cependant il fait remarquer que, si on élève assez la température pour obtenir une fusion homogène, on n'obtient finalement qu'un émail vitreux.

Après avoir vainement cherché à faire cristalliser l'albite comme les autres plagioclases et vérifié ce que nous avions déjà constaté, c'est-à-dire l'insuccès de pareilles tentatives, MM. Day et Allen[2] se sont décidés à recommencer l'expérience d'Hautefeuille; ils ont préparé un verre d'albite bien homogène, l'ont très finement porphyrisé et mêlé à un excès de tungstate de sodium également très porphyrisé; puis ils ont chauffé l'ensemble à 1.100° pendant huit jours et n'ont obtenu dans leur creuset que la superposition de deux verres de densité inégale.

Ils ont alors procédé à une seconde expérience qui a duré dix-sept jours à 900°. Ici tous les petits grains de verre albitique ont cristallisé, mais *sans fondre et sans perdre leur forme*; la densité, les propriétés optiques, la composition chimique après lessivage et purification par le sulfate acide de sodium, sont celles de l'albite, mêlé de 0,02 °/₀ d'anhydride sulfurique et de 0,16 d'acide tungstique. Cette expérience, d'une haute portée théorique, semble montrer que l'acide tungstique a plutôt agi dans l'espèce comme minéralisateur que comme fondant; elle explique et justifie celles de M. Morozewicz sur les verres de liparite.

L'emploi de l'*eau sous pression* n'a pas conduit à des résultats aussi intéressants, pendant cette troisième période, que les fusions ignées avec et sans fondants. La faute en est aux appareils dont nous disposons, et il est utile d'insister sur leur unique cause de faiblesse : nous ne sommes pas encore arrivés à disposer d'un récipient qu'on puisse impunément chauffer au-dessus de 350 à 500° en y enfermant hermétiquement un excès d'eau. Le seul métal résistant au-dessus du rouge est le platine à 10 °/₀ d'iridium. Il conserve encore une belle résistance au rouge vif et se strictionne seulement au blanc éblouissant. Mais il est excessivement poreux et laisse échapper en quelques heures les gaz et les vapeurs à haute pression. Nous avons déjà fait allusion à nos expériences de 1891; elles nous ont permis de constater qu'un verre acide, très finement porphyrisé, se soude à 1.000° par cristallisation de la périphérie des grains en orthose; en même temps se développent de petites lamelles de mica brun et de fins octaèdres de spinelle. Le quartz n'apparaît pas. Mais il nous faut rappeler que, dans aucune de ces expériences, nous n'avons retrouvé d'eau libre dans le creuset. Quelques expériences bien postérieures, datant de 1904 et faites en collaboration avec mon préparateur M. Albert Michel-Lévy, nous permettent de penser qu'on peut arriver à hydrater les verres acides et même à les tremper en présence de l'eau sous pression, vers 800°.

M. Spezia a utilisé[1] la solubilité de la silice dans une solution aqueuse de silicate de sodium, dans certaines conditions de concentration, de temps et de température. Un ingénieux appareil, sous pression à températures variées, lui permet de dissoudre le quartz dans la partie la plus chaude et de le faire cristalliser dans la plus froide, en cicatrisant des cristaux tronqués ou brisés, qui se régénèrent ainsi beaucoup plus vite dans le sens de l'axe que perpendiculairement. Incidemment, nous noterons que, avec une solution à 2 °/₀ de silicate de soude, la température de 330° est favorable à la dissolution du quartz. Il se sursature, au contraire, vers 230° et recristallise facilement.

M. P.-D. Quensel[2] a récemment varié et confirmé l'expérience de M. Morozewicz; MM. Königsberger et W.-J. Muller[3] ont repris certaines expériences sous pression, en joignant au tube Friedel un filtre intérieur qui permet d'isoler certains des produits.

M. A. Brun, de Genève, a récemment annoncé[4] qu'il obtenait des sphérolites de calcédoine dans une obsidienne de Lipari, à 75,4 °/₀ de silice, en la recuisant pendant 14 jours de 510 à 550°. Ce verre

[1] *Ann. de l'Ecole Normale Supérieure*, 2e série, t. IX, 1880, p. 363.
[2] *L. c.*, 1906, p. 46.

[1] Académie des Sc. de Turin, 1899-1900.
[2] *Centralblatt*, 1906, n° 21, p. 657-664.
[3] *Id.*, 1906, nos 11 et 12, p. 339-348 et 363-372.
[4] *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, Juillet 1907, t. XXIV, p. 97.

Digitized by Google

se déforme sous une pression lente vers 790°; il est explosible de 830 à 902°, et se transforme alors en ponce avec dégagement d'azote et d'acide chlorhydrique; mais il ne contiendrait pas d'eau.

Si nous résumons, au point de vue de l'histoire de l'écorce terrestre, les résultats acquis, en matière synthétique, pour tout ce qui a trait à la genèse du Globe, nous pouvons les diviser en cinq classes principales, visant : 1° les roches d'épanchement : 2° les roches de profondeur; 3° les produits des fumerolles et des eaux thermales; 4° les minéraux des sédiments, datant de leur dépôt et se produisant encore actuellement au fond des mers; 5° enfin les produits métamorphiques, c'est-à-dire de transformation de toutes les roches et de tous les sédiments, par la chaleur d'approfondissement et d'enfouissement, par la circulation des fluides de profondeur, enfin par les actions mécaniques s'associant aux autres causes de modification et de cémentation.

Il nous serait impossible même d'effleurer un sujet aussi vaste et d'en énumérer les principaux chapitres. Cependant, il n'échappera pas au lecteur attentif que la *fusion ignée* paraît bien près d'avoir épuisé les synthèses du premier groupe, roches d'épanchement.

Le second est évidemment tributaire des reproductions en présence de l'*eau sous pression*; cependant, les dernières tentatives semblent avoir aussi mis en cause la fusion avec fondants jouant le rôle de minéralisateurs, ou mieux avec cément; car on se rappelle qu'il faut se garder d'atteindre la température de fusion des minéraux à reproduire, tels que l'orthose, l'albite, le quartz.

Le troisième groupe met en œuvre les volatilisations, et aussi l'action de certaines vapeurs sur les salbandes de leurs évents. Il est aussi tributaire, pour la profondeur, des synthèses en tubes clos, sous pression. Il comprend la montée des pétroles et hydrocarbures volcaniques, dont Moissan a montré l'origine probable dans la décomposition, par l'eau, des carbures métalliques.

Dans le quatrième groupe, il nous faut étudier les dépôts successifs provenant des dissolutions salines; pour les sédiments de lagunes, les chlorures alcalins, les sulfates alcalino-terreux hydratés (gypse) ou anhydres (anhydrite); pour les sédiments plus profonds, les précipitations de phosphate de chaux dans les dépôts calcaires; des réactions plus complexes pouvant expliquer la naissance des dolomies au voisinage des récifs coralliens éboulés [1], le tout se mêlant à l'action d'organismes, tels que les Foraminifères, etc.

[1] F. W. Pfaff : *N. Jb.*, 1894, t. IX, 485-507.

Enfin, le cinquième groupe est le plus touffu de tous. Il faut d'abord y ranger le métamorphisme de contact, passant de proche en proche au métamorphisme général, notamment dans les fonds des géosynclinaux; des micaschistes on passe aux gneiss, et des gneiss au granite; tout indique que la cause efficiente réside dans une circulation intense de silicates alcalins, sous pression et à haute température.

Le même groupe comprend une foule d'autres modifications : genèse de la houille et des combustibles dits minéraux; distillation de la majeure partie des naphtes aux dépens des accumulations de fossiles; circulation de solutions froides de silice, donnant naissance aux chailles et aux silex des sédiments calcaires; enfin métasomatose, par actions secondaires, de tous les minéraux soumis aux circulations d'eaux froides ou chaudes.

Le dynamo-métamorphisme peut joindre ses actions mécaniques : trituration, structure en forme de mortier, brèches de friction, étirements et laminages, aux autres métamorphismes; mais il semble bien prouvé que la pression seule, sans intervention de la chaleur, est impuissante à produire des modifications profondes; les expériences de M. Spezia, à ce point de vue spécial, sont curieuses et nous paraissent convainquantes.

Les problèmes soulevés par les synthèses, non plus au point de vue géologique, mais pour la résolution des questions de Chimie physique et de Minéralogie, sont tout aussi nombreux et intéressants. Dans cet ordre d'idées, nous avons déjà vu que la fusion ignée, soigneusement appliquée à des séries naturelles de minéraux, permet de préciser et de compléter les données que nous possédons sur l'isomorphisme (silicates de calcium, silicates de magnésium, silico-aluminates de soude, etc.).

Nous allons voir que la théorie de l'eutectisme permet tout au moins de varier le point de vue auquel on peut se placer, pour juger de l'ordre de consolidation des principaux éléments des roches, et pour déterminer la quantité des minéraux composants qui s'associent en forme de structure eutectique, c'est-à-dire de cristallisation simultanée.

Les synthèses de roches par fusion ignée ont confirmé d'abord l'existence de deux temps principaux de consolidation à des températures différentes : nos plaques de basalte artificiel ont été obtenues à la suite de deux recuits distincts; le premier, à plus de 1.500°, n'a donné que du péridot en grands cristaux; le second, à 1.300°, a permis aux microlites de labrador et à ceux de pyroxène de combler les interstices. L'examen des roches naturelles n'apporte à cet exemple convainquant qu'une

Digitized by Google

apparente anomalie; certaines andésites, celles des Puys volcaniques d'Auvergne notamment, associent aux microlites de pyroxène de fins cristallites de péridot, d'ailleurs peu abondants, et ce minéral, qui n'y existe pas en cristaux du premier temps, a ainsi cristallisé bien tardivement, eu égard à la haute température à laquelle nous savons qu'il fond. C'est une question de masse, que la théorie de l'eutectisme nous expliquera à merveille.

La production d'une leucotéphrite artificielle, au moyen d'un double recuit analogue à celui des basaltes, nous donne la solution d'une autre anomalie à la règle empirique des consolidations dans l'ordre même des fusibilités : on sait que les grands cristaux de leucite englobent périphériquement des inclusions de petits cristaux de pyroxène, minéral cependant beaucoup plus fusible que la leucite. Les produits du premier temps de recuit à haute température fournissent exclusivement des squelettes de grands leucitoèdres, plus ou moins développés, et englobant dans leurs interstices de la matière vitreuse. Au second temps, à 1.300°, la leucite se nourrit et les interstices vitreux se réduisent à des gouttelettes et couronnes, dont le verre finit par cristalliser partiellement en pyroxène. Ici donc l'eutectisme n'est pas nécessaire pour expliquer l'ordre des cristallisations; l'antériorité partielle du pyroxène à la leucite n'est qu'apparente.

Quant à la précipitation, pour ainsi dire, continue du fer oxydulé durant toutes les périodes de consolidation des roches de fusion ignée, nous recourions en 1882[1] à une réaction des bases qui se déplacent mutuellement; c'est un mécanisme fort analogue à l'action des ions en liberté de M. Vogt.

Pratiquement, nous avions constaté qu'un recuit trop rapide, après fusion, ne donne naissance le plus souvent qu'à des squelettes cristallitiques, analogues à ceux que Daubrée a seuls obtenus dans des fusions de lherzolites et de météorites. « Lorsque le magma, préalablement fondu[2], a été maintenu pendant un temps convenable à une température légèrement inférieure à celle de la fusion du produit cherché, on peut soumettre le culot en expérience à un refroidissement rapide, et cependant le voir se charger de microlites et de petits cristaux parfaitement identiques à ceux des roches volcaniques naturelles. » Cette observation emprunte une grande importance à la théorie des solutions de silicates fondus les uns dans les autres.

Nous remarquerons d'abord que les nouvelles théories des solutions de silicates fondus les uns dans les autres, et même de solutions solides, suppriment la séparation entre la fusion purement ignée et les fusions avec fondants ou avec cément. Dans ces trois cas, en effet, on peut appliquer les lois de l'eutectisme, mais à une condition bien définie : les corps, dissous dans le solvant, préexistent, tout au moins au point de vue de leurs groupements moléculaires. Or, nos expériences démontrent que cette préexistence suppose un recuit plus ou moins prolongé (d'autant plus prolongé que la matière est plus visqueuse) à une température convenable, un peu inférieure à la fusion du minéral qui va se séparer. Faute de ce recuit, les groupements moléculaires préalables sont incomplets ou même non existants.

Dans ces dernières années (1903-1904), M. J.-H.-L. Vogt, s'appuyant surtout sur les analyses de scories cristallisées de M. Akermann, et sur celles de feldspaths et de verres volcaniques de M. Lagorio, a tenté de réunir toutes les applications que l'on peut faire de la théorie de l'eutectisme aux magmas de silicates fondus, quand on les assimile aux alliages métalliques. Une première observation s'impose après lecture des très intéressants exemples choisis par M. Vogt : il est vraisemblable qu'il y a des mélanges de silicates eutectiques; les structures de cristallisation simultanée, qui peuvent les déceler, paraissent s'appliquer à des quantités relativement déterminées des minéraux associés. La micropegmatite m'avait toujours frappé à ce point de vue. Dans mon premier Mémoire sur les structures des roches acides (1875), j'avais insisté sur son importance comme *produit de la fin* des consolidations dans les magmas acides, correspondant par conséquent à l'une des plus basses températures de cristallisation, et j'avais établi sa liaison, par gradations insensibles, avec la matière, dite pétrosiliceuse, des sphérolites, des porphyres, des pyromérides, des rhyolites et des perlites. J'avais aussi maintes fois constaté que la pâte microgranulitique est souvent postérieure à la micropegmatite, mais que, si la production de cette dernière association est nettement *promorphique*, et notamment antérieure au développement des fissures de retrait, dites perlitiques, la microgranulite leur est souvent postérieure[1] et peut passer pour secondaire. La découverte, par M. Lacroix, au cœur du dôme de la Montagne Pelée, d'andésites microgranulitisées, précise, à ce point de vue, l'apparition posthume et secondaire immédiate du quartz microgranulitique et paraît devoir s'appliquer dans bien des cas.

Au cours de mes études pétrographiques, j'ai toujours soigneusement noté les cas de cristallisation simultanée (ou pegmatoïde) que le microscope

[1] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, p. 52.
[2] *Id.*, p. 44.

[1] Pyroméride de Chaumiens, par ex. in *Minéralogie micrographique*, pl. XVI, fig. 1.

Digitized by Google

me montrait; j'ai ainsi découvert une association quartz et grenat simultanés à Marmagne; orthose et biotite dans les carrières de l'Ozette, à Limoges; hornblende et plagioclase dans la vallée du Mesvrin. A propos de cette dernière association[1], je constatais que *ces cristallisations simultanées de minéraux que nous avons grand'peine à obtenir isolément dans les laboratoires nous paraissent un des éléments d'observation qui pourront permettre tôt ou tard d'aborder le problème de la genèse des roches et des dissolvants naturels qui les ont accompagnées.*

Je suis donc, en principe, franchement favorable à l'hypothèse eutectique, dans ses applications à la genèse des roches. Mais il est nécessaire de reconnaître : 1° que les structures eutectiques sont rares dans la Nature, dans les produits des synthèses accidentelles, et aussi dans ceux des synthèses voulues; 2° que la diminution de la température de fusion, qui doit accompagner ces produits, est incomparablement moins marquée qu'en matière d'alliages. Malgré les plus grands efforts, M. Vogt a rarement constaté plus de 100° de diminution au-dessous de la température de fusion du plus fusible des éléments; c'est une proportion de un dixième à un quinzième par rapport à cette dernière, et il est certain qu'en dehors des quelques déterminations très précises des auteurs américains, nous ne connaissons pas, avec cette approximation, la température de fusion des minéraux des roches.

Admettons néanmoins que l'eutectisme soit prouvé (dans les conditions que nous avons dites) en matière de magmas silicatés; on sait que, si l'on a deux corps en présence A et B, capables de former un eutectique *ab*, et fondant à des températures t_a et t_b, le point eutectique *ab* se rapproche d'autant plus du plus fusible des minéraux que la différence $t_a > t_b$ est plus grande; le mélange eutectique est d'autant plus riche en B que cette différence est plus notable; au contraire, pour $t_a = t_b$, on a parties égales du corps A et du corps B. Il en résulte que, lorsqu'un magma très chaud se refroidit lentement, le plus souvent c'est le corps A, fondant à plus haute température, qui s'isole le premier; puis le mélange s'appauvrit en A et s'approche de la composition *ab*; on atteint ainsi la température de l'eutectique; mais celui-ci, obéissant aux mystérieuses lois de la sursaturation, ne cristallise que rarement tout d'une pièce; B commence à s'isoler, puis brusquement, sous l'influence de chocs répétés ou de toute autre cause fortuite, il peut y avoir prise en masse de *ab*. D'où la possibilité, pour les grands cristaux A qui continuent à se nourrir, d'englober des microlites de B à leur périphérie (microgranites, etc.).

En somme, sauf exceptions, c'est A qui commence à cristalliser, de l'aveu même de M. Vogt; dans les séries isomorphes et zonées, notamment dans les plagioclases, le cœur est le plus basique, c'est-à-dire le moins fusible.

Cependant, diverses causes peuvent produire des exceptions apparentes à la règle empirique que nous avons formulée[1]. Le corps A peut se trouver associé à B en très petite quantité, plus petite que dans l'eutectique *ab*; c'est alors B qui doit s'isoler le premier, jusqu'à ce que la proportion relative des deux corps soit ramenée à *ab*; témoins les cristallites de péridot du second temps des andésites d'Auvergne.

D'autres causes, plus difficiles à expliquer, sont en relation avec la sursaturation (alumine en excès, Morozewicz), avec l'extrême viscosité de certains silicates fondus (albite, orthose, silice), avec la mise en liberté de certains ions qui en déplacent d'autres (loi de Nernst), avec le rôle encore mystérieux de certains minéralisateurs : acide tungstique, eau sous pression, etc. Les structures eutectiques franches sont si rares et la série des roches acides en présente une série si belle et si franche (micropegmatite, quartz globulaire, sphérolites pétrosiliceux), que, malgré le mystère qui plane encore sur leur genèse, puisque nous avons été jusqu'à présent impuissants à les reproduire synthétiquement, M. Vogt en invoque surtout l'exemple. Il est parvenu à déterminer approximativement la composition de la pegmatite graphique cunéiforme à base d'orthose et de quartz; elle contient environ 25 °/₀ de quartz et 75 °/₀ d'orthose, correspond aux rapports d'oxygène 1 : 3 : 18, et a une teneur de 73 °/₀ de silice. Si l'on appliquait au quartz qui fond à 1700°, et à l'orthose qui fond à 1300°, les croquis de l'eutectisme, la micropegmatite devrait entrer en fusion visqueuse vers 1250°; mais quelle comparaison peut-on édifier, pour ces divers minéraux, sur la fusion sèche de leur magma? Les travaux d'Hautefeuille, de Day et Shepherd, etc., nous montrent que le quartz se transforme en tridymite au-dessus de 900°; ceux de Sénarmont, de Daubrée, de Friedel, de Spezia, nous prouvent qu'il peut s'isoler et cristalliser au-dessous de 400°, en présence de l'eau sous pression et des solutions aqueuses de silicates alcalins. Quant à l'orthose, la fusion ignée est impuissante à le faire cristalliser; c'est à 900°, voire à 400°, que nous le voyons se régénérer, soit sous l'influence des tungstates alcalins, soit sous pression dans les solutions aqueuses de silicates alcalins. La seule conclusion, simple-

[1] *Bull. Soc. Min.*, 1878, t. I, 42.

[1] Fouqué et Michel-Lévy : *Synthèse*, p. 51.

Digitized by Google

ment vraisemblable, que nous puissions énoncer est que la Nature nous a abondamment préparé la micropegmatite au-dessous de 1000°, sous l'influence d'un minéralisateur qui n'est pas l'acide tungstique, même à 1 °/₀, malgré l'extrême intérêt de l'expérience de M. Morozewicz.

Nous voudrions encore prémunir nos lecteurs contre une interprétation erronée des conclusions que la Chimie physique nous présente à propos des *phénocristaux* de nos diverses roches. M. Vogt, constatant que de grands cristaux accidentels des scories présentent une structure zonée et englobent à leur phériphérie des microlites de nature différente, rappelle que la dimension des cristaux dépend principalement de la viscosité du magma, du temps pendant lequel les cristaux se développent, de la quantité relative du minéral fondu, et absolue du magma ambiant. Il cite comme ayant une grande propension à cristalliser rapidement, parce que peu visqueux, les magmas contenant abondamment l'olivine, le diopside, la rhodonite, la wollastonite (hexagonale), l'akermanite, l'anorthite. Les chimistes, peu versés dans l'étude pétrographique des roches de la Nature, en ont conclu que la séparation en deux temps de cristallisation des minéraux de la plupart des roches porphyroïdes est artificielle, et que l'eutectisme suffit à expliquer la genèse des phénocristaux. La question ainsi posée est très intéressante, et la réponse n'est douteuse pour aucun pétrographe : la plupart des phénocristaux des roches d'épanchement ont pris naissance avant la sortie de la roche; ils sont intratelluriques, et c'est surtout à la variation des circonstances ambiantes et au temps de développement qu'il faut rapporter le contraste qu'ils présentent avec les microlites de seconde consolidation. Au contraire, dans les roches de profondeur, les grands cristaux sont le plus souvent nés et développés en place; mais si, dans les ophites par exemple, nous pouvons saisir les conditions de tranquillité, de température et de composition chimique qui ont présidé au moulage des plagioclases basiques par de grandes plages d'augite, nous ignorons les actions minéralisatrices qui ont présidé au développement des grands cristaux d'orthose des granites porphyroïdes; nous savons seulement que ces orthoses sont de consolidation aussi récente que la pegmatite graphique et jouent le rôle d'*Endproducte*.

Les cristaux de feldspath, qui naissent les premiers dans un magma donné, ont fourni à M. Vogt une jolie application de l'eutectisme, en partant des analyses chimiques de magmas et de feldspaths dues à MM. Lagorio et Brögger. M. Vogt considère d'abord que le natron-orthoclase ou anorthose de Frédérickswärn, à 40 °/₀ de feldspath potassique contre 60 °/₀ de feldspath sodique, représente l'eutectique submicroscopique de l'orthose et de l'albite (micro-perthite submicroscopique). Pour introduire et figurer l'anorthite, il recourt à une épure triangulaire, dans laquelle chaque point correspond à trois coordonnées : $x =$ orthose, $y =$ albite, $z =$ anorthite °/₀. En reportant sur cette épure les points représentatifs des feldspaths pouvant dériver d'un magma donné, et des premiers feldspaths réellement cristallisés en phénocristaux, on voit du premier coup d'œil qu'au-dessus de 40 °/₀ d'orthose, c'est lui qui cristallise le premier; au-dessous, c'est un plagioclase.

Nous avons cherché à donner un résumé succinct des récents efforts dont la synthèse des minéraux et des roches a été l'objet. Sans doute, les diverses méthodes employées se sont perfectionnées et ont acquis une précision nouvelle; l'étude de l'isomorphisme et surtout du polymorphisme de certaines séries a été renouvelée; mais les roches acides, le granite, la pegmatite graphique restent encore réfractaires à toutes les tentatives et nous ne sommes, à ce point de vue, guère plus avancés qu'en 1892. Nous souhaitons à nos élèves de franchir ce dernier obstacle et d'arriver enfin à la reproduction synthétique du granite et des roches acides.

A. Michel-Lévy,
Membre de l'Académie des Sciences,
Professeur au Collège de France.

Digitized by Google

ESSAI D'UNE THÉORIE CINÉMATIQUE DE LA MUSIQUE

La solution la plus récente et la plus complète du problème musical est due à M. Gandillot. Dans son magistral *Essai sur la gamme*, il a ramené à la seule loi des rapports simples tous les préceptes qu'enseignent sans rigueur ni méthode les traités d'harmonie.

La théorie basée sur une analogie cinématique, dont nous allons donner un bref aperçu, permet d'obtenir les mêmes résultats, mais, en outre, de les présenter d'une manière entièrement systématique, de sorte que toutes les lois empiriques de la musique, y compris celle des rapports simples, découleront d'une seule hypothèse.

I. — Expérience et hypothèse fondamentales.

Le son est l'impression produite dans le cerveau par certaines vibrations périodiques de la matière collectées par l'oreille.

La période de ces vibrations est d'un ordre de grandeur compris entre 1/38.000 et 1/30 de seconde environ. C'est cet ordre de grandeur qui fixe le caractère particulier des phénomènes dits *musicaux* : au-dessous de 30 vibrations par seconde commencent les *bruits*, lesquels relient les sons musicaux aux phénomènes *rythmiques* de l'ordre de la seconde.

Or, à l'égard de ces derniers, l'expérience nous donne une notion très nette : c'est qu'*un rythme suggère l'idée d'une vitesse proportionnelle à sa fréquence*; deux pendules battant respectivement la seconde et la demi-seconde évoquent l'idée de deux mobiles, le deuxième deux fois plus rapide que le premier; de même, dans tout morceau de musique, le passage d'une suite de noires à une suite de croches ou de doubles-croches donne au cerveau l'impression d'une vitesse doublée, ou quadruplée; de même dans une quantité d'expériences analogues.

Notre hypothèse fondamentale sera d'étendre cette propriété des rythmes aux sons eux-mêmes. Nous dirons alors que : *à toute note caractérisée par un certain nombre* n *de vibrations par seconde, correspond l'idée d'une vitesse proportionnelle à* n (et que nous pouvons prendre *égale* à n, la valeur du facteur de proportionnalité n'important nullement). Ainsi le la_3 des musiciens, à 435 vibrations par seconde, sera la note correspondant à la vitesse 435 (ou simplement la note 435).

D'après cela, la note correspondant à la vitesse zéro est le *silence*.

II. — Basses et tonique d'un intervalle.

Si deux notes n, n' ($n < n'$) sont proposées simultanément à l'oreille, l'expérience nous apprend :

1° Qu'elles ne joueront pas un rôle symétrique : ce sera surtout la note haute n' qui s'imposera (Axiome musical : c'est la plus haute note d'un accord qu'on entend);

2° Que le couple (n, n') évoquera l'idée d'une troisième note que l'oreille désirera entendre (c'est l'énoncé du principe de tonalité : par exemple (*do*, *fa*) évoquera un *fa*, (*do*, *sol*), un *do*, etc.).

Nous traduirons cela en disant:

1° Que l'auditeur a tendance à se synchroniser avec la note *basse* n de l'intervalle n, n', de telle sorte que la note n' seule donnera l'impression d'une vitesse relative;

2° Que la note évoquée sera *celle dont la vitesse, composée avec* n', *rétablira la vitesse de synchronisation* n.

Elle aura donc, par rapport à n, la vitesse relative égale et de signe contraire à celle de n'. Sa vitesse absolue sera donc :

$$b_1 = n - (n' - n) = 2n - n'.$$

La note b_1 s'appellera *la basse première de l'intervalle* (n, n').

Remarquons aussitôt que, si l'intervalle nn' est égal à une octave ($n' = 2n$), la basse sera la note zéro, ou le silence ; ainsi un accord d'octave évoque immédiatement le repos de l'oreille : l'octave sera la plus parfaite des consonances, et deux notes à l'octave porteront le même nom. L'auditeur aura donc la plus grande facilité à les remplacer mentalement l'une par l'autre, ce qui nous permet de considérer seulement le cas où l'on a $n' \leqq 2n$, tous les autres se ramenant à celui-là par cette opération mentale.

La note b_1 évoquée fournit deux nouveaux intervalles ($b_1 n$) ($b_1 n'$), d'où résultent les *basses secondes* :

$$b_2 = 2b_1 - n = 3n - 2n'$$
$$b'_2 = 2b_1 - n' = 4n - 3n'.$$

Ensuite viennent les *basses troisièmes* évoquées par les intervalles ($b_2 b_1$) ($b_2 n$) ($b_2 n'$) ($b'_2 b_1$) ($b'_2 n$) ($b'_2 n'$). Elles se réduisent à quatre; et ainsi de suite.

On vérifie aisément que :

1° Toute basse est de la forme $(k+1)\,n - kn'$;

2° Les basses d'ordre p, *distinctes entre elles* et

Digitized by Google

distinctes des basses d'ordre inférieur, sont au nombre de 2^{p-1} et ont pour expressions :

$$(2^{p-1}+1)n-2^{p-1}n',\ (2^{p-1}+2)n-(2^{p-1}+1)n',\ \ldots,\ 2^p n-(2^p-1)n'.$$

C'est à ces basses distinctes et nouvelles que nous réserverons le nom de basses d'ordre p;

3° Si une basse d'ordre p est nulle, il y a un certain nombre de basses d'ordre inférieur qui sont à l'intervalle d'octave.

Le nom commun de ces basses à l'intervalle d'octave, qui engendrent la première basse nulle rencontrée dans la suite des basses, définira *la Tonique* de l'intervalle n, n'. La tonique se présente donc comme la note par laquelle l'oreille arrive au repos après avoir évoqué un nombre plus ou moins grand de basses.

Écrivons alors la série des basses (Tableau I):

Ce sont les derniers intervalles usuels que fournisse le tableau. Mais les musiciens considèrent, en outre de ceux qui viennent d'être obtenus, leurs *renversements*, et enfin l'intervalle de *triton* qui est son propre renversement ($n'=\frac{3^2 5}{2^5}n$).

Les renversements s'obtiennent par l'opération du remplacement mental de n' par son octave inférieure : si, en effet, on écrivait le tableau des basses pour l'intervalle $(n''\ n)$ n'' étant égal à $\frac{n'}{2}$, on trouverait évidemment :

3'. Pour les intervalles $\frac{8}{5}, \frac{5}{3}, \frac{7}{4}$, une basse 3e nulle et les toniques respectives : n, $\frac{4}{3}n''$, n''; (n'' étant ici la note la plus basse, du même nom que n').

TABLEAU I. — *Série des basses.*

$n\ n'$	
$2n-n'$	Basse 1re
$4n-3n',\ 3n-2n'$	Basses 2es
$8n-7n',\ 7n-6n',\ 6n-5n',\ 5n-4n'$	Basses 3es
$16n-15n',\ \ldots\ldots,\ 10n-9n',\ 9n-8n'$	Basses 4es
etc., etc.	etc.

Enonçons, d'après ce qui précède, les résultats obtenus en annulant les basses successives : ils coïncideront avec ceux de M. Gandillot (chapitre des rattachements) :

1. Deux notes sont à l'intervalle d'octave quand leur basse première est nulle ; leur nom commun définit la tonique de l'intervalle.

2. Deux notes sont à l'intervalle de quinte $\left(\frac{n'}{n}=\frac{3}{2}\right)$ ou de quarte $\left(\frac{n'}{n}=\frac{4}{3}\right)$ quand l'une de leurs basses secondes est nulle : la tonique est dans le premier cas la note basse, dans le deuxième la note haute de l'intervalle.

3. Bornons-nous maintenant aux intervalles *usuels* que nous rencontrerons :

Deux notes qui sont à l'intervalle de tierce majeure $\left(\frac{n'}{n}=\frac{5}{4}\right)$ ou mineure $\left(\frac{n'}{n}=\frac{6}{5}\right)$ ou à l'intervalle $\frac{8}{7}$ (n est alors le *si*♭ *harmonique* de la gamme de n') ont une basse troisième nulle. Les toniques sont respectivement pour ces trois cas n, $\frac{4}{3}n$ (*la* ♭ de la gamme de n), n'.

4. Deux notes qui sont à l'intervalle de seconde médiane $\frac{9}{8}$ ou mineure $\frac{16}{15}$ ont une basse quatrième nulle. Les toniques sont respectivement n et n'.

4'. Pour les intervalles $\frac{16}{9}, \frac{15}{8}$, une basse 4e nulle, et les toniques respectives n et n''.

Enfin l'intervalle de triton exigera une opération mentale plus compliquée : le remplacement de l'une des notes n, n' par la quinte au-dessus : et alors la basse nulle sera une basse 4e, et la tonique de même nom que la quinte au-dessus de n (note $n.\frac{3}{2}$) ou de n'. Ainsi (*do*, *fa*♯) aura pour tonique *sol* ou *do*♯.

III. — LOI DES RAPPORTS SIMPLES.

La tendance naturelle de l'oreille étant de rechercher le repos, sa satisfaction sera d'autant plus grande qu'il lui sera fourni par une basse de plus petit ordre, et cela après la transformation mentale de l'intervalle (lorsqu'il y a lieu) la moins compliquée possible : exprimons cette double condition en disant que la basse nulle doit être la plus *voisine* possible des notes de l'intervalle. Ce n'est pas tout : il faut que la tonique, elle aussi, soit aussi *voisine* que possible; et de même pour chacune des basses évoquées avant la tonique.

Dès lors, on voit que la théorie précédente a pour conséquence immédiate la loi des rapports simples, et, en outre, fournit, par les tableaux des basses, un

Digitized by Google

critérium mathématique de la *simplicité d'un rapport*.

IV. — Mélodie. Modulation mélodique.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé les notes n n' émises simultanément : rien ne sera changé si nous les supposons émises successivement, mais à intervalle de temps assez faible pour que l'oreille ait conservé le souvenir de la première quand la seconde vient la frapper.

Nous appelons mélodie *une suite de notes dans laquelle nous considérons à chaque instant l'intervalle formé par la note actuelle avec la tonique établie*. La tonique de cet intervalle s'appellera la *tonique instantanée* de la mélodie. Son changement constitue la modulation mélodique.

Considérons à ce point de vue *la gamme* comme mélodie :

Notes.	*do*	*ré*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*do*
Toniques instantanées.	*do*	*do*	*do*	*fa*	*fa*	*fa*	*do*	*do*

La gamme implique donc une modulation suivie du retour dans le ton initial. Nous voyons aussi pourquoi la tendance naturelle est de moduler vers les quintes inférieures ou sous-dominantes. Enfin nous voyons tout ce qu'il y avait de juste et de fécond dans la conception de la *basso fondamentale* de Rameau et d'Alembert.

La mélodie doit, d'après la théorie proposée, donner la notion de changements de vitesses : ralentissement vers le grave, accélération vers l'aigu. Nous n'insisterons pas sur ces analogies de sensations, qui ont cependant toujours été remarquées. (Aristote parle déjà, dans ses *Problèmes*, de l'impression d'*élargissement* produite par la descente vers les notes graves).

V. — Harmonie. Role des harmoniques.

De même qu'un intervalle, un accord a une basse première et des basses de tous ordres; ce sont les accords formés par les notes qu'évoque chacun des intervalles qui composent l'accord proposé.

Les accords de trois notes n, n', n'', présentant trois intervalles (n, n') (n', n'') (n, n''), auront pour basses des accords de trois notes également.

L'accord parfait majeur a pour basse deuxième une consonance d'octave, amenant le repos sur la basse troisième :

do	*mi*	*sol*.	
do	*sol*	*do*.	Basse 1re
O,	*do*	*do*.	— 2e
O.			— 3e

Au contraire, *l'accord parfait mineur a pour basses 2es des notes de l'accord parfait majeur corrélatif*, conformément au résultat remarquable énoncé par M. Gandillot, et qui paraît bien constituer la principale différence entre les deux modes :

mi	*sol*	*si*.	
mi	*do*	*ré*.	Basse 1re
do	(*si*♭ harm., d'où :) *do*	*sol*.	— 2e
O,	*do*	*do*.	— 3e
O.			— 4e

Le repos n'a lieu que sur la basse 4e.

Quel est, maintenant, le rôle des harmoniques, sur lesquels Helmholtz a bâti sa théorie? Ici, il ne faut pas faire de confusion : l'existence des harmoniques est un fait physique très important, mais nullement une explication des lois musicales. De ce qu'un son fondamental sera toujours, dans la Nature, accompagné d'harmoniques, on n'a pas le droit de conclure qu'il formera avec eux un ensemble agréable. La loi des rapports simples justifie l'emploi musical des harmoniques, bien loin d'en résulter.

Les harmoniques interviendront surtout pour augmenter la richesse des accords, c'est-à-dire le nombre des notes simultanément proposées à l'oreille. D'où une série de nouveaux intervalles, engendrant de nouvelles basses; rien ne sera changé, d'ailleurs, aux résultats précédents, en vertu des propriétés de l'accord parfait, que reproduisent les premiers harmoniques. Mais l'oreille se trouvera conduite aux mêmes toniques par des chemins plus nombreux.

Enfin, la considération des harmoniques justifie, au point de vue de la théorie cinématique, ce fait qu'*une note isolée est sa propre tonique*, puisqu'elle est forcément accompagnée de ses harmoniques qui forment avec elle des intervalles dont elle est la tonique : c'est pourquoi nous avons indiqué *do* comme première tonique instantanée dans la mélodie formée par la gamme de *do*.

VI. — Continuité.

Enfin, de la loi de formation des basses, il résulte que les notes évoquées sont d'autant plus proches mélodiquement des notes données que celles-ci forment elles-mêmes un plus petit intervalle. Il en résulte que, par exemple, l'intervalle la_3 do_4 évoquera le fa_3, qui est le *fa* le plus rapproché, et non pas le fa_1, très éloigné, qu'exigerait la théorie du *géniteur*, comme l'entend M. Gandillot.

Si l'intervalle devient infiniment petit, les basses évoquées deviennent aussi infiniment proches, ce qui correspond bien au sentiment de continuité que nous suggère l'audition d'une mélodie, et dont les théories admises font bon marché.

R. Chassériaud.

Digitized by Google

L'HOMME EST-IL SIMPLE, DOUBLE OU MULTIPLE?

L'homme est-il *un*? Que faut-il penser de l'unité de l'être humain, que religions et philosophies tiennent à l'envi pour un dogme?

Considérons l'homme sur une table d'autopsie. On ne peut manquer d'être frappé des apparences de sa duplicité : double son cerveau et double toute sa masse nerveuse, double le poumon, doubles les organes des sens, doubles les membres, doubles les reins, doubles les organes de la reproduction, etc., et l'on est tenté de voir deux êtres à peu près semblables accolés l'un contre l'autre et couchés sur le marbre.

N'y a-t-il là qu'une apparence, et devrons-nous, pour traduire ce phénomène, nous borner à l'affirmation classique de la symétrie bilatérale de l'être humain?

A notre avis, il y a plus, beaucoup plus que la simple symétrie bilatérale. Il y a tout ce que le regard aperçoit, il y a deux co-êtres; et ce n'est pas de symétrie bilatérale qu'il s'agit, mais de véritable duplicité; il y a *Duplicisme : L'Homme est formé de deux co-êtres soumis à une existence conjuguée.*

I. — Preuve embryologique.

Pour l'intelligence de tout ce chapitre, il est des notions qu'il faut préalablement préciser :

Chacun sait que le premier phénomène d'évolution de l'œuf, après fécondation, est la séparation de sa masse centrale, de son vitellus, en deux petites masses ovoïdes. On dira alors de l'œuf qu'il est au stade II. Puis une nouvelle division se produira. Ainsi que la première, celle-ci se fera généralement dans le sens méridien; et l'œuf, qui sera dès lors segmenté en quatre cellules, sera dit au stade IV. Peu après, une nouvelle segmentation, celle-ci équatoriale, partagera chacune des quatre cellules en deux, en sorte que l'œuf aura huit cellules, autrement dit sera au stade VIII. Enfin, des segmentations iront se poursuivant dans des conditions analogues; chacune d'elles doublera le nombre des cellules, en sorte que l'œuf passera successivement du stade VIII au stade XVI, puis au stade XXXII, etc., jusqu'à ce que, la multiplication cellulaire s'arrêtant, commencent, par l'apparition des feuillets primordiaux, les phénomènes de création d'organes.

A ces diverses cellules, nées, au cours de cette première période de la vie embryonnaire, des segmentations successives de l'œuf, on a donné le nom de *blastomères*. Mais la première segmentation de l'œuf, celle qui divisa la masse vitelline en deux blastomères initiaux, garde une signification particulièrement importante, car tous les embryologistes sont d'accord pour reconnaître qu'elle « indique, sauf chez les Mollusques, le plan de symétrie de l'être futur, de l'être adulte », c'est-à-dire le plan suivant lequel nous avons constaté tout à l'heure que se répartissent les organes pairs de l'homme, les uns à droite de l'axe, les autres à gauche, entre les deux co-êtres, suivant l'expression que nous avons déjà indiquée.

Mais dire que le premier plan de la segmentation blastomérique indique le plan de symétrie de l'être futur, est-ce dire tout ce qui convient? Non certes. Une autre constatation s'impose, qui va donner aux deux blastomères nés de cette segmentation initiale une particulière importance : c'est, en effet, que chacun de ces deux blastomères primitifs va être l'auteur d'une lignée cellulaire, et que les cellules de chacune de ces deux lignées se répartiront topographiquement en deux masses différentes, en deux territoires distincts. Nous verrons encore que l'hérédité affectera différemment chaque lignée et lui créera des aptitudes distinctes. L'ensemble des caractères de chacune de ces lignées se traduit donc par un double indice : l'indice topographique et l'indice héréditaire. Occupons-nous d'abord du premier :

1. *Indice topographique.* — La démonstration de cet indice comporte une double preuve : il faut établir d'abord qu'entre les deux blastomères initiaux il y a, au point de départ, une séparation réelle, ensuite que la continuité se maintient entre toutes les cellules issues du même blastomère initial. Cette double démonstration, Chabry, qui a observé avec tant de sagacité les œufs d'Ascidie, va la faire pour nous. Voici en quels termes il décrit les premiers phénomènes de l'évolution blastomérique : « Dès la fécondation, un léger sillon se dessine dans la masse sphérique du vitellus. Ce sillon méridien devient de plus en plus profond, et deux globes se forment, de moins en moins adhérents l'un à l'autre. Après une durée de temps de deux minutes chez l'Ascidie, l'adhérence est devenue minime et ne se marque plus qu'en un point, par une petite facette ». Mais, « *à peine individualisés* », les deux globes reviennent l'un sur l'autre avec une telle énergie qu'ils « se réaccolent », suivant l'expression commune à Robin et à Chabry, non tellement cependant que le sillon de segmentation disparaisse. C'est à ce moment qu'un nouveau sillon méridien paraît simultanément des deux côtés de

Digitized by Google

l'œuf, partageant ainsi en deux chacun des deux blastomères primitifs, autrement dit chacun des deux territoires de l'œuf. Les segmentations ultérieures, qu'elles soient équatoriales ou méridiennes, se produiront de même. Elles naîtront d'une division sur place. Sans doute, pendant tout ce processus de développement embryonnaire, la masse cellulaire, travaillée et comme « pétrie », suivant l'expression de Chabry, par les forces diverses qui l'agitent, dévie quelque peu sur l'axe et se déforme plus ou moins en ses contours. Sans doute, telles cellules nées du blastomère initial gauche pourront, en un point donné, entreprendre ou chevaucher sur le territoire des cellules nées du blastomère droit, et réciproquement; mais ces pénétrations et déviations diverses n'en laisseront pas moins chaque formation blastomérique distincte, continue, d'un seul tenant, de même que chacune de ces deux formations restera, en face de l'autre, en état d'activité parallèle. Plus tard, à une époque déjà très avancée du développement embryonnaire, quand se formeront les organes, on pourra bien observer des « émigrations de cellules »; mais ces émigrations auront encore lieu dans l'intérieur de la province blastomérique primitive. Celle-ci pourra, il est vrai, par suite d'arrangements secondaires, pousser des prolongements très avant dans l'intérieur de l'autre province, notamment en vue de l'établissement des connexions nerveuses dont nous parlerons plus tard; mais aucune observation n'autorise à croire qu'à aucun moment du processus embryonnaire, la répartition primitive des cellules en territoires blastomériques distincts ne reste la loi du développement. C'est ce que constate Chabry quand il dit : « Le premier plan de segmentation *devient* le *plan médian* de la larve, et constitue, *durant toute la segmentation*, un plan de symétrie manifeste ». (*Thèse de doctorat ès sciences*, 1887, p. 35.)

2. *Indice des diversités d'aptitude.* — Recherchons maintenant quel est le résultat du dualisme blastomérique initial, non sur la place occupée, mais sur les aptitudes acquises en cours de développement par chacune des *lignées* cellulaires.

Des expériences de Chabry et de ses propres expériences, dont nous parlerons dans l'alinéa suivant, W. Roux avait cru pouvoir conclure que l'œuf, tel qu'il existe au moment précis de la fécondation et avant toute segmentation, contenait, en son noyau, les éléments rudimentaires de tous les organes futurs de l'animal. Cet assortiment se distribuait plus tard, au cours de l'évolution, entre chaque cellule nouvelle, suivant le rôle que celle-ci aurait à jouer dans le développement de l'embryon, par application d'un plan qui répondait à la distribution des éléments dans le noyau vitellin, à la « mosaïque » primordiale.

Mais les expériences ultérieures poursuivies en tous pays ne confirmèrent pas cette interprétation de W. Roux. La théorie de la mosaïque unique fut abandonnée par la grande généralité des biologistes. Par contre, l'opinion qui semble s'établir, et que nous ne tentons pas de justifier à notre point de vue parce que nous aurons à reprendre ce sujet plus loin, a été ainsi formulée par Yves Delage : « Les deux cellules jumelles nées d'une division sont au début, sauf rare exception, identiques entre elles et à celle qui leur a donné naissance. C'est pendant leur accroissement qu'elles divergent quelque peu si leurs destinées sont diverses. Elles différeront alors un peu plus à l'état adulte qu'au moment de leur formation. Leurs filles diffèreront de même un peu plus; leurs petites-filles plus encore; et, peu à peu, s'établiront ainsi les différenciations les plus tranchées. »

Appliquons cette donnée à la question qui nous occupe, et supposons les deux blastomères initiaux placés sous nos yeux de telle sorte que nous les apercevions l'un à droite, l'autre à gauche du sillon de segmentation. *Tous deux sont identiques entre eux* et également à la cellule-œuf, leur commune cellule-mère, qu'ils remplacent et représentent. Pourtant, dès le premier instant de leur naissance, leur identité cessera d'être absolue : leur différence de position par rapport à l'axe et par rapport à la zone pellucide qui les entoure tous deux les exposera quelque peu différemment aux influences thermiques, lumineuses, électriques, magnétiques, mécaniques provenant du milieu. Les incidents et les résultats de cette lutte étrange, de cette succession d'étreintes et de pugilats que, sous le nom d'accolements et de réaccolements, ont décrits Robin et Chabry, accentueront sans doute les différences entre les deux blastomères rivaux. C'est alors que ceux-ci donneront naissance, chacun à une cellule, grâce à la seconde segmentation méridienne, et que chacun transmettra, par hérédité, à cette cellule nouvelle, les caractères de différenciation par lui acquis. Ainsi, ces deux nouvelles cellules du stade IV seront différentes l'une de l'autre, *ab initio*. L'une se reconnaîtra fille du blastomère initial que notre regard voyait à droite du sillon de segmentation, l'autre du blastomère gauche. Se développant à son tour, chacune d'elles ira accusant de plus en plus ses caractères primitifs et en acquérant de nouveaux, en sorte qu'entre les deux lignées blastomériques la différence des caractères propres à chaque lignée ne fera que s'accentuer et correspondra évidemment, en chacune de ces lignées, à des aptitudes variables quant à la nature ou quant au degré.

Digitized by Google

En nous reportant à la théorie de W. Roux, nous dirons que ce qui se constate dès lors, ce n'est pas *une* mosaïque dans la cellule-œuf; mais, dans chacun des deux blastomères initiaux apparaissent le point de départ, le plan et les rudiments d'une lignée dont chacune sera une moitié de l'être, moitié qui se distinguera de l'autre par sa position topographique et par ses aptitudes spéciales.

Ainsi, dès la première, la plus lointaine marque d'évolution, le duplicisme s'affirme. Cette dualité morphologique qui nous avait frappée sur le marbre de la table d'autopsie, nous la voyons débuter, sur le champ du microscope, dès la première segmentation. Elle se poursuivra durant tout le cours de l'évolution, dont elle sera manifestement la loi fondamentale, par le double indice topographique et d'hérédité.

II. — Preuve tératologique.

En 1887, au Laboratoire de Concarneau, Chabry, qui étudiait alors les Ascidies, eut le premier l'idée de provoquer la mort d'un des deux blastomères initiaux et de rechercher ce qu'il allait advenir du blastomère épargné. La fécondation des Ascidies s'opérant hors du corps de l'animal, il était aisé, en effet, de recueillir les œufs immédiatement après la fécondation. Dès avant Chabry, Pflüger et W. Roux avaient étudié, sur l'œuf nouvellement fécondé, le résultat de diverses sortes de traumatismes, mais sans songer à agir sur chaque blastomère séparément. Introduisant donc en un tube en verre l'œuf immédiatement fécondé, Chabry piqua avec une aiguille et tua ainsi l'un des deux blastomères. Ce qui advint, c'est que le blastomère demeuré vivant donna naissance à une demi-larve, à un *demi-individu*. Ces expériences eurent un grand retentissement chez les biologistes. W. Roux les reprit et expérimenta sur la Grenouille. Les résultats furent identiques : le blastomère épargné, qu'il fût celui de droite ou celui de gauche, donna naissance à un demi-individu. Poussant plus avant leurs investigations, Chabry et Roux expérimentèrent sur des œufs au stade IV. Laissaient-ils vivantes les deux cellules, soit de droite, soit de gauche, nées du même blastomère initial, celles-ci produisaient le demi-individu. Au contraire, l'aiguille ne laissait-elle vivante qu'une seule cellule du stade IV ou même deux cellules de ce stade, mais l'une née du blastomère initial gauche, l'autre du blastomère droit, le résultat était tout différent : les cellules épargnées survivaient quelque peu, mais non plus comme parties d'une organisation, d'un organisme déterminé. Elles survivaient en tant que cellules et donnaient naissance à une prolifération incohérente et vite épuisée.

Si, dès ce moment, les philosophes eussent pris connaissance des expériences de Chabry et de Roux, ils auraient pu et dû en tirer argument contre l'unité originelle, l'unité *essentielle* de la Grenouille et de l'Ascidie. Si chacun de ces deux animaux avait été *un* dès le premier instant de sa vie, s'il eût été *un* dans son œuf, cet œuf tué à droite l'eût été à gauche. Or, il n'en était pas ainsi : blastomère droit et blastomère gauche vivaient d'une vie propre et séparée, puisque chacun continuait son existence, même quand son co-blastomère avait cessé d'être, puisqu'il poursuivait une fin propre et personnelle. A la vérité, cette existence, pour être propre et personnelle, n'était point indépendante : il était visible que cet individu *dimidié*, par ce fait qu'il était privé, dans le milieu organisé où il se développait, c'est-à-dire dans l'œuf, du concours et de l'assistance de son co-blastomère, était du même coup réduit dans ses chances et surtout dans sa sphère de développement. Pour que l'existence propre de chaque blastomère initial eût chance de poursuivre un cours *normal et intégral*, il fallait donc le concours d'un autre blastomère associant son existence à la sienne, et même l'y conjuguant.

Plus près des faits immédiats, — et je ne les en blâme pas, car c'est spécialement leur rôle, — les embryologistes ne se posèrent, à propos des expériences qui venaient d'avoir lieu, qu'une seule question : Est-ce dès la cellule-mère, la cellule-œuf, que s'institue, en son plan et en sa répartition des rudiments, l'animal futur? Interprétant outrancièrement les résultats des expériences de Chabry et des siennes, W. Roux répondit affirmativement. Il enseigna que, dans la cellule-œuf, l'animal était déjà comme en une mosaïque-miniature virtuellement et en toutes ses parties.

Mais de nombreux embryologistes se refusèrent à cette conclusion, et ils eurent à s'en applaudir, car les expériences ultérieures parurent contredire, du moins à ce point de vue de la non-homogénéité, de l'*anisotropie* des deux blastomères initiaux, aux conclusions de Roux. En effet, dès 1892, Driesch, opérant sur les Echinodermes, obtenait, non plus un demi-individu, mais une larve complète avec chacun des deux blastomères initiaux. Poussant plus loin ses tentatives, il obtenait même une larve complète, mais d'un volume quatre fois moindre que celui d'une larve normale, avec *une seule cellule du stade IV*. Il faut dire, il est vrai, parce que beaucoup ont attribué une grande importance à la chose, que Driesch avait imaginé un procédé nouveau : au lieu de tuer au moyen d'une aiguille tel ou tel blastomère, il avait séparé, par secouage, les unes des autres, les diverses cellules blastomériques. C'est ainsi que, ne tuant aucune d'elles, il avait vu se développer simultanément sous ses yeux, en deux

Digitized by Google

individus complets, les deux premiers blastomères, puis en quatre individus nains, mais complets, les quatre cellules blastomériques du stade IV.

La même année, Wilson, opérant sur l'Amphioxus, obtint un résultat identique. Chaque cellule du stade II, puis du stade IV, donna naissance à un individu nain, mais complet. Il parvint même à obtenir des individus complets, mais encore plus réduits de volume, avec chaque cellule du stade VIII.

Dès les expériences de Driesch et de Wilson, la théorie de la mosaïque unique de Roux, qui dès avant paraissait outrée, apparut insoutenable. Les deux blastomères initiaux des Echinodermes ou de l'Amphioxus, donnant naissance chacun à un individu complet et identique, étaient évidemment doués des mêmes propriétés. Ils étaient égaux et identiques entre eux ; ils étaient homogènes, *isotropes*. On fut contraint même à cette conclusion, sur les seules expériences de Driesch, pour les quatre premières cellules blastomériques des Echinodermes, et même pour les huit cellules de l'œuf d'Amphioxus après celles de Wilson.

Mais ce n'est point la question classique de l'isotropie ou de l'anisotropie de l'œuf ou de son noyau qui, en ce moment, nous intéresse. Le lecteur s'attendait sans doute, dans notre exposé des expériences tératologiques en faveur du duplicisme, à ce que ces expériences eussent permis de constater, dans un œuf unique, la naissance simultanée de deux êtres, mais non de quatre, mais non de huit.

Que le lecteur prenne patience et l'énigme lui sera expliquée. Commençons ici par apprécier, par rapport à la théorie du duplicisme, la valeur des expériences de Wilson par exemple, obtenant, au début de ses recherches sur l'Amphioxus, un individu *complet* de chaque blastomère initial, par comparaison avec celles de W. Roux, sur la Grenouille, quand il n'obtient qu'un demi-individu. Certes la conclusion s'impose : la démonstration de la nonunicité de l'Amphioxus et de sa duplicité originelle apparaît plus brutale, lorsque de chacun des deux blastomères initiaux sort une larve complète, que celle de la Grenouille, dont chaque blastomère initial ne produit qu'un demi-individu. Sans doute, ce demi-individu se comporte bien comme un *être en soi*, comme une individualité et non comme un simple fragment perdu, puisqu'il se développe suivant la loi et le plan de son organisation ; mais il reste comme frappé d'infirmité par le fait que son co-être ne se développe pas simultanément à côté de lui. Se présentant à l'état complet, la larve de l'Amphioxus apparaît comme ayant une existence, non seulement particulière, mais même indépendante.

En réalité, à celui qui se souvient de toute la formule dupliste, l'individu dimidié qui sort de l'œuf de la Grenouille conduit à un rapport plus satisfaisant à l'esprit, car cette dimidiation, qui suffit à prouver l'existence propre et spéciale de chaque co-être, témoigne en même temps de la nécessité pour l'un et pour l'autre *de conjuguer leur existence*. Nous nous trouvons bien là en présence de deux co-êtres, soumis à une existence conjuguée, tels que nous les a annoncés la formule dupliste. En outre, — et c'est un point capital, — l'individu dimidié nous marque sans nul doute ce qui se produit dans l'évolution *normale*, tandis que l'individu nain complet n'est que le produit d'un développement monstrueux. On n'a le droit de retenir celui-ci que comme une *curiosité*, tandis que le demi-embryon apparaît comme une réalité normale. Prendre celui-ci pour point de départ d'un raisonnement, c'est procéder du réel; raisonner en prenant pour point de départ une monstruosité, c'est édifier sûrement une fausse construction.

Mais vient alors la grosse objection. Ce n'est pas seulement de duplicisme qu'il faut parler, mais de quadruplicisme et de plus encore, puisqu'on a obtenu des larves complètes d'Amphioxus avec une cellule représentant un huitième d'œuf.

Pour sa plus grande clarté, notre réponse veut être ajournée jusqu'après le dénombrement sommaire des principales expériences faites depuis Driesch et Wilson.

De même que Driesch opérant sur les Echinodermes et Wilson opérant sur l'Amphioxus, Morgan obtient sur les Annélides des embryons nains complets avec les cellules du stade VIII. Soja, sur les Méduses, obtient même un individu complet avec une cellule du stade XVI, mais n'obtient aucun résultat au stade suivant.

Chez les Batraciens, O. Hertwig, sur les Grenouilles, Herlitzka sur le Triton, Morgan sur la Grenouille, Ziegler, sur divers Batraciens, obtiennent, au stade II, tantôt des demi-embryons, des demi-individus, tantôt des individus nains complets. Mais leurs expériences concordent en ceci qu'ils n'obtiennent pas d'être organisé, quand ils agissent sur des cellules des stades suivants. De même, sur les Poissons, Morgan n'obtient de résultat que sur les cellules du stade II, qui donnent naissance à un individu complet.

En opposition à tous les résultats précédents, Crampton, qui expérimente sur les Gastéropodes, n'obtient ni demi-embryon ni embryon complet, mais seulement un fragment d'animal, quel que soit le stade des cellules qu'il isole.

Qu'est-ce à dire? Faut-il expliquer, comme l'a voulu Morgan, par la position de l'hémisphère blanc ou de l'hémisphère noir, cette circonstance que, de chaque blastomère initial, naît tantôt un

Digitized by Google

demi-individu, tantôt un individu nain, mais complet; ou encore, comme l'indique Ziegler, par des conditions particulières de l'expérimentation qui aura amené tantôt la mort, tantôt seulement un retard de développement de l'un des deux blastomères? Non, car aucune de ces hypothèses n'a pu expliquer toute la succession des faits observés. Ne faut-il pas plutôt, ainsi que nous le permettrait le principe formulé par Yves Delage et plus haut rapporté, considérer qu'au début chacun des deux premiers blastomères initiaux est homogène et identique à l'autre, mais qu'à mesure qu'il s'accroît en âge et qu'il se modèle dans ces étreintes et ces combats que Robin et Chabry nous ont décrits, il se spécialise et se différencie? Avant cette différenciation, les deux blastomères initiaux seront homogènes, isotropes et donneront naissance à deux individus identiques et, par conséquent, complets. Au contraire, quand ce travail de pétrissage, auquel les auront contraints les forces contraires qui les agitent, aura été accompli, alors les deux blastomères initiaux se trouveront différenciés, et donneront naissance à des demi-individus.

Le point de départ de la différenciation réside donc dans l'œuf au stade II, après la première segmentation, et non dans la cellule primitive. Ainsi, dans chaque œuf, deux êtres *au moins* sont formés. C'est donc la négation ferme de l'unité, de l'unicisme ; et c'est l'affirmation du duplicisme, *tout au moins*. Ce duplicisme est, il est vrai, dépassé dans les Méduses, les Annélides, les Échinodermes, chez lesquels la grande majorité des zoologistes voient des animaux coloniaires. Il en est de même dans les Protovertébrés ; mais déjà dans les Vertébrés inférieurs qu'on a pu examiner, Poissons ou Batraciens, on ne reconnaît plus de *totipotence* qu'aux deux blastomères initiaux. Encore est-il manifeste que, chez les Batraciens, la différenciation entre ces deux blastomères est rapide, puisque, très fréquemment dans la Grenouille, le développement, au stade II, des blastomères séparés, n'a donné naissance qu'à des demi-individus. C'est par les Batraciens que nous pouvons imaginer ce qui se passe chez les Vertébrés supérieurs et notamment chez l'Homme, sur qui l'expérimentation tératologique est impossible. Il est raisonnable de penser, à la clarté des faits observés sur les animaux qui nous avoisinent le plus dans la série animale, parmi ceux qui ont pu être étudiés, que les deux premiers blastomères de l'œuf humain sont, au moment de la première segmentation, homogènes, isotropes ; mais que leur différenciation est tout à fait prompte, et que, si l'on pouvait les séparer par secouage ou autrement, on les verrait ne donner naissance qu'à un demi-individu.

Il reste intéressant, d'ailleurs, de constater que tout cet ensemble d'expériences curieuses tentées depuis Chabry, sur tant d'espèces, et dont les résultats paraissaient jusqu'ici si contradictoires qu'on les aurait taxés d'incohérence, confirment en réalité les vues d'Edmond Perrier sur le polyzoïsme. Ainsi que l'enseigne ce professeur, l'œuf est non à l'animal, mais à la colonie animale. Il est donc logique que, si la colonie compte quatre, huit ou seize individus, l'œuf donne naissance à quatre, huit ou seize cellules individualisées et tout d'abord autonomes, c'est-à-dire à quatre, six ou huit œufs. L'association n'imposera que plus tard à chacune de ces cellules totipotentes, à chacun de ces œufs coloniaires, le sacrifice de son autonomie et un rôle spécial, c'est-à-dire la différenciation.

Si c'est simple coïncidence ou, au contraire, conséquence et indice de coloniarisme, c'est ce dont décideront les expériences ultérieures et les savants. En tout cas, il est curieux de constater une relation entre le caractère coloniaire ou non d'un animal et celui également coloniaire ou non de sa cellule-œuf. En effet, les Célentérés, à qui nul ne conteste le caractère coloniaire, les Echinodermes et les Annelés, à qui ce caractère est très généralement reconnu, ont une cellule-œuf dont on peut dire qu'elle est une colonie d'œufs, puisque les huit premiers blastomères tout au moins sont totipotents. Il en est de même de l'Amphioxus, chez qui la formation zonitique est restée très visible.

Mais il en est différemment des Vertébrés supérieurs. Là, un fait domine l'organisation. C'est la domination de chaque cerveau sur un côté particulier du corps. Le zonitisme antérieur se décèle bien par des vestiges ; mais ceux-ci paraissent n'avoir qu'une valeur historique. Les zonites se sont fusionnés dans le sens de la longueur et se sont absorbés en cette fusion même. Deux *dèmes* en sont résultés, chacun commandé par un cerveau. L'animal n'a plus que deux co-êtres ; il n'aura plus que deux œufs en sa cellule-mère ; et, en effet, les deux premiers blastomères seront seuls totipotents.

Mais voici les Mollusques. M. Edmond Perrier reconnaît lui-même qu'en eux le zonitisme n'est pas ou n'est plus, et qu'ils ont fait retour à l'unité primitive. Je dois reconnaître aussi que rien en eux ne décèle le Duplicisme. Celui-ci serait inconcevable, car il semble bien avoir le zonitisme pour point de départ nécessaire, puisqu'il est dû à la fusion des zonites de droite entre eux et de même des zonites de gauche, en vue de constituer deux dèmes parallèles. Au surplus, la simple symétrie bilatérale n'est même pas constante chez les Mollusques. Ni zonitique ni double, le Mollusque *un* n'aura vraiment qu'un œuf. En effet, aucun des blastomères n'est totipotent. Dès la première

Digitized by Google

segmentation, l'isolement d'un blastomère équivaut à une amputation d'un animal, qui ainsi se trouvait unique et virtuellement formé dans la cellule-œuf. Ce n'est ni une larve complète, ni une demi-larve, qu'obtient l'expérimentation qui isole un des deux blastomères initiaux, mais un fragment d'animal. D'ailleurs, un autre caractère très significatif est à signaler : ce n'est qu'à la cinquième segmentation que se dessine le plan médian ou approximativement médian du Mollusque.

III. — Preuve tirée de la lutte pour la formation des organes.

La symétrie bilatérale du corps humain est-elle un phénomène identique à celui d'une cristallisation? Nous ne pouvons le croire : le caractère d'une cristallisation, quand elle n'est nullement troublée par quelque force extérieure, est de se produire suivant une loi de symétrie par rapport à un plan et à un axe, et j'entends de *symétrie absolue*. Or, il n'en est pas ainsi dans la formation des animaux et, en particulier, de l'Homme. Le côté droit et le côté gauche de l'Homme normal ne sont pas absolument semblables ni symétriques. Des phénomènes secondaires de formation ont fait se contourner l'estomac, dévier le cœur, se différencier par leur forme et leurs ramifications les deux poumons, se fusionner telles ébauches primitivement doubles en un organe unique, s'atrophier telle région d'un organe, etc. Aucune force extérieure ne peut être invoquée comme explication de ces asymétries et de ces atrophies : elles sont normales, et ce serait le sujet dans lequel elles ne se seraient pas produites qui serait monstrueux. Des convenances biologiques et non de simples forces mécaniques ont donc présidé à la formation du corps humain : il y a eu dans cette formation autre chose que la constitution d'un cristal ou d'une macle.

Mais il faut voir davantage dans cet aménagement du corps humain, obtenu après tant de luttes intimes entre ses éléments constitutifs, luttes dont les accolements et les réaccolements décrits par Robin et Chabry nous apparaissent, dès le début même de la formation embryonnaire, comme une significative démonstration. Toutes ces torsions, déviations, atrophies, donnent à l'ensemble organique l'aspect de quelque champ clos; et quelle idée plus contraire, plus antithétique à celle de l'Unité? Concevrait-on, dans un milieu essentiellement un et homogène, des luttes aboutissant à des mutilations et à des atrophies, c'est-à-dire à des revisions de plan, à des ratures et à des corrections? Logiquement, un être *un* sera construit ou se construira suivant un plan unique. Son évolution restera toujours conforme à elle-même; et, du point de départ au point terminus, le processus de développement sera graduel et continu. Or, il n'en est pas ainsi, certes, dans le développement du corps humain. Ces atrophies de glandes observées dans le foie, le cœur repoussé à gauche, cet estomac contorsionné, ces organes génitaux, à la fois virils et féminins, dont un couple se résorbe pour ne plus laisser subsister qu'un seul sexe, ce sont autant de blessures, de cicatrices, de mutilations, de décès organiques qui témoignent d'une lutte à incidents multiples; et de cette lutte, la coalescence, le développement étroitement contigu et ardemment concurrent de deux co-êtres en sera la plus simple, la plus tangible des explications, tandis que l'unicisme organique, avec l'idée d'homogénéité qu'il comporte, la rend inacceptable à l'entendement.

D'ailleurs, n'oublions pas que cette rivalité entre deux processus concurrents et contigus observés dans la formation organique, nous l'avons déjà reconnue dès la première manifestation d'activité du germe, dès la première segmentation de la cellule-œuf.

IV. — Preuve tirée de la dualité anatomique.

Voici enfin qu'au bout de cette lutte par laquelle s'instituent les organes en leur forme définitive, le fœtus devient l'enfant, puis l'adulte. Serons-nous en droit de nous étonner du dualisme organique qui s'était révélé déjà à nos yeux sur la table d'autopsie? Que cette croissance parallèle des deux blastomères initiaux, puis des cellules nées de ceux-ci, avec leur répartition en deux provinces topographiques et en deux groupes à hérédité distincte, ait abouti à une dualité organique, c'est chose toute logique : le contraire seul eût surpris. Que cette croissance parallèle ayant entraîné un long processus de heurts réciproques et de compressions mutuelles ait laissé dans l'adulte la trace de ces heurts, les cicatrices de ces atrophies, c'est encore chose certaine. Ainsi, tandis que, dans la très grande majorité des organes, cerveau, organes des sens, poumons, reins, membres, organes reproducteurs, etc., le dualisme apparaîtra évident et complet dès le premier aspect des choses, il le faudra, en certains autres organes, par exemple dans le foie, rechercher sous les atrophies qui le masquent, en certains autres, tels que le cœur, en tenant compte du dispositif qui, en cours de période fœtale, a fait des deux centres primitifs de la circulation un appareil unique. Pour certains autres, enfin, système nerveux, rate, par exemple, la trace de dualité originelle n'apparaîtra plus que par une dualité anatomique, que l'étude très attentive du développement embryologique ou les indices

Digitized by Google

fournis par les phénomènes tératologiques pourront seuls révéler.

C'est pourquoi cette dualité anatomique possède, à nos yeux, une importance considérable, surtout si elle est due à cette circonstance que c'est à la collaboration parallèle, mais distincte, de chacun des deux territoires latéraux de l'embryon qu'il la faut attribuer. A ces organes médiaux, chaque coètre embryonnaire a fourni part égale de cellules qui auraient pu suffire à la formation de deux organes, et qui n'en ont formé qu'un par arrangement secondaire, c'est-à-dire par convenances biologiques. C'est précisément ce qui ne paraît plus discutable : En effet, pour la corde dorsale, dont le rôle est si important, Chabry, au cours de ses recherches sur les Ascidies, constata que chacun des deux demi-embryons qu'il vit se former sous ses yeux possédait la sienne, formée il est vrai d'une seule série linéaire de cellules. Ces deux séries linéaires, au cours du développement normal de la larve, se soudaient en une seule corde dorsale. A une époque encore récente, en 1902, Ziegler, expérimentant sur des Grenouilles, constate que le demi-embryon qu'il obtient par la mort d'un des deux blastomères initiaux « possède une corde dorsale complète ». Pour expliquer l'unité apparente de la corde chez l'adulte, il faut donc admettre qu'une fusion intime entre ses deux cordes dorsales s'est opérée, identique à celle observée par Chabry. La dualité anatomique originelle de la corde dorsale reste donc établie. Cette expérience de Ziegler est à retenir, car elle confirme les observations de Chabry, que O. Hertwig avait cru jadis pouvoir mettre en doute. Au surplus, il existe de la dualité anatomique, originelle, de la corde dorsale une autre preuve décisive et maintenant bien connue. Deux cordes dorsales ont été, en effet, observées sur plusieurs Oiseaux, et notamment sur la Perruche. Ainsi un organe, considéré pendant de longues années comme simple, s'est révélé double en ses origines et sa formation.

Je n'entrerai pas ici, faute d'espace, dans une discussion de la formation anatomique de ceux des organes que jadis on tenait également pour simples. Pour le système nerveux, dont Prenant a déjà, depuis une vingtaine d'années, signalé la dualité originelle, pour le tube digestif, pour la rate elle-même, le doute semble dissipé. J'ai pu, dans les *Archives de Neurologie* de juillet 1907, sur les indications de M. le Professeur Tourneux, constater que le processus de développement de ces divers organes s'accorde avec l'idée d'une dualité anatomique originelle. M. Tourneux a été amené, par l'étude spéciale de chaque organe, à croire que tous sans exception, y compris bien entendu les organes médians, sont anatomiquement constitués par un double apport cellulaire, l'un de droite, l'autre de gauche. Cette formation anatomique double de tous les organes cadre, d'autre part, avec ce qu'admettent les partisans de la théorie de la concrescence (Lereboulet, His, S. Minot, etc.). Enfin M. Yves Delage, dans une lettre qu'il m'a fait l'honneur de m'adresser, déclare « superflue » une dissertation sur la dualité anatomique de tous les organes, les organes médians compris, car le fait lui paraît incontestable. A la vérité, il ne voit pas en ce fait un argument en faveur du Duplicisme. La théorie de la formation symétrique par des forces purement mécaniques comporte, en effet, la dualité anatomique de tous les organes à titre de conséquence logique. Mais que ce soit pour une raison ou que ce soit pour une autre, il est en tout cas intéressant de constater que la croyance dans l'unicité primitive, essentielle, de certains organes va partout se ruinant. Les discussions sur le Duplicisme auront aidé à vulgariser cette nouvelle donnée scientifique, qui lui est, croyons-nous, un argument précieux. Dans cette dualité organique universelle de l'animal parfait, nous voyons, nous duplistes, la suite, la manifestation, continuée au cours de la formation des organes, de cette bi-individualité qui a éclaté à nos yeux, à partir du premier acte du processus biologique, dans la séparation en deux blastomères de la cellule-œuf, puis dans la constitution de deux provinces cellulaires topographiquement distinctes, et de deux lignées héréditairement différenciées. Ce n'est pas à dire que je nie, dans l'évolution biologique, toute influence de cette force mécanique ou physique qui impose au monde inorganique une si remarquable symétrie. Mais il semble bien que, chez les êtres vivants, contre les forces purement mécaniques, une autre force entre en lutte : celle de la vie. Que celle-ci soit une simple manifestation particulière d'une force, principe universel. Mouvement ou Énergie, en qui se résoudraient toutes les forces particulières, mécanique, thermique, lumineuse, électrique, magnétique, etc., cela est bien possible. Mais, dans l'état actuel de la science, il ne nous paraît pas, pour les raisons que nous avons plus haut exposées, qu'on puisse, à ces forces purement brutales et rigides en leurs actes qu'on nomme mécaniques, attribuer *exclusivement* ces processus si délicats, si variables dans leur évolution et si « sensitifs ».

V. — Preuve tirée de la différence d'aptitudes.

La dualité anatomique des organes confirme donc et continue dans l'être achevé cette division topographique, provinciale, que nous avions observée dans les cellules primitives de l'embryon. De même allons-nous voir ces deux lignées cellu-

Digitized by Google

laires héréditairement différenciées que le principe, le concept formulé par M. Yves Delage nous a permis de distinguer, se poursuivre, et du même coup se confirmer au cours du développement définitif de l'animal, et en particulier de l'Homme. Les deux co-êtres, auxquels les deux lignées auront donné naissance, vont, en effet, se distinguer nettement l'un de l'autre par leurs aptitudes très nettement différentes et par leurs caractères très particuliers et distincts.

Cette différence de caractères porte sur le poids : le cerveau droit est plus pesant d'environ trois grammes que le cerveau gauche; — sur la forme, — le cerveau gauche est un peu plus long que le droit; — sur la configuration topographique quelque peu différente de cerveau à cerveau, ainsi que sur la position de chacun de ceux-ci par rapport à l'axe. Les deux poumons se différencient par le mode de leurs ramifications, etc. Toutes ces différences morphologiques, anatomiques ou physiologiques ont comme conséquence et aboutissant une différence d'aptitudes. Le côté gauche du corps est de force musculaire moindre que le côté droit; et il est à ce point moins habile dans les mouvements que le langage en a créé un mot, celui de *gaucherie*. La sensibilité périphérique, généralement plus aiguë à gauche, est plus stable, plus régulière à droite. Les facultés intellectuelles sont inégalement réparties entre les deux co-êtres. Dans le cerveau gauche siègent la *mémoire auditive* et celle des *mouvements de l'écriture*. Il en est le plus souvent de même en ce qui concerne la *mémoire motrice verbale* ou mémoire des mouvements nécessaires à l'articulation des mots. C'est la faculté du langage qui devient ainsi le privilège du cerveau gauche; et l'on aperçoit tout de suite la grande supériorité qui lui revient. Il est fréquent d'entendre les physiologistes appeler ce cerveau : le cerveau intellectuel. Ce n'est même pas au seul point de vue des aptitudes physiques et intellectuelles que les deux co-êtres se distinguent : les différences anatomiques et physiologiques engendrent tout naturellement des aptitudes morbides différentes. Tous les médecins savent que telles maladies frappent bien plus souvent à droite qu'à gauche ou à gauche qu'à droite. Même au point de vue moral, il existe une différence entre les deux co-êtres. Si, comme nous le pensons d'après la théorie dupliste, la maladie si curieuse connue sous le nom expressif et juste de « dédoublement de la personnalité » consiste dans une subordination alternante d'un côté à l'autre, se substituant à un état régulier de coordination, on peut constater[1] qu'un co-être peut être doux, réservé, modeste et bon, l'autre violent, intempérant, orgueilleux et méchant.

Eh bien, par quel signe plus éclatant que cette diversité d'aptitudes physiques, intellectuelles et morales, les deux co-êtres pourront-ils affirmer leur individualité? Il faut s'en féliciter, d'ailleurs, car c'est la grande loi de la division du travail que, par la différence d'aptitudes qu'elle a engendrée, la duplicité a instituée dans les êtres supérieurs. C'est grâce à ce que chacun de nos co-êtres se spécialise en son mode d'activité et exige lui-même, des divers organismes qui le composaient et qui sont devenus de simples organes, une spécialisation de plus en plus accentuée, que l'être complet devient capable d'un plus grand effort sur le monde inorganique et d'une collaboration plus harmonique dans l'œuvre commune du monde organisé.

VI. — Preuve tirée des connexions nerveuses.

On sait que le cerveau droit régit le côté gauche du corps et que, réciproquement, le côté droit du corps est régi par le cerveau gauche. Une paralysie latérale, une hémiplégie par exemple, se produit-elle à la suite d'une lésion cérébrale, c'est dans la partie gauche de l'encéphale qu'il faut chercher le siège de la lésion, si c'est au côté droit du corps que la paralysie s'est produite. Les deux dèmes physiologiques que, sous le nom de co-êtres, nous constatons en nous, sont donc constitués, l'un par le cerveau gauche et le côté droit du corps, l'autre par le cerveau droit et le côté gauche.

Or, dans toute l'étendue de son dème, chaque cerveau envoie un volumineux faisceau de nerfs par le moyen desquels il recevra avis de ce qui se passe dans l'intérieur ou sur les confins de tout son territoire et par lesquels il transmettra ses ordres aux muscles. La répartition en deux pays nerveux distincts et l'individualité de chacun de ceux-ci s'affirment bien dans cette organisation. Mais celle-ci s'accompagne d'un phénomène d'un autre ordre : chaque co-être, à qui la conjugaison d'existence fait obligation de vivre en collaboration avec le co-être voisin, veut et doit être en communication permanente, directe et entière avec celui-ci. Aussi chaque cerveau enverra-t-il dans la partie du corps qu'il ne régit pourtant pas, quelques légers faisceaux nerveux. Telles deux nations voisines, sans rien abdiquer de leur indépendance réciproque, se pénètrent par leurs ambassadeurs et leurs consuls.

Mais la conjugaison d'existence aura une garantie bien autrement forte dans l'intensité des relations directes qui s'établiront entre les deux

[1] Voir dans mon livre : *Le Duplicisme humain* (Alcan), le cas de Louis V.

Digitized by Google

cerveaux eux-mêmes, et qui deviendront d'autant plus étroites et richement organisées que les deux cerveaux seront eux-mêmes plus développés et plus puissants. Le faisceau de fibres par lequel s'établissent des liens entre les parties cérébrales dans lesquelles il semble que résident les facultés supérieures psychiques, le corps calleux, nul encore chez les Vertébrés inférieurs, apparaît et grandit en même temps qu'apparaissent et grandissent les masses cérébrales dans les animaux supérieurs, et, en même temps que ces masses, il prend chez l'Homme son dernier et extrême développement. Jusqu'en ce dernier effort de sa création, jusqu'en cette œuvre la dernière en date, la Nature a donc affirmé la double loi qui nous gouverne : en édifiant en saillie, sur le bord de chaque hémisphère, au lobe frontal surtout, sa nouvelle pousse, sa nouvelle formation de cellules cérébrales, en séparant celles-ci en deux lots éloignés, la Nature témoignait qu'elle entendait poursuivre, sur le plan de la dualité, son œuvre créatrice. Mais, en même temps, dans l'espace laissé vide entre les deux hémisphères ainsi surélevés, elle jetait un admirable pont de fibres, les unes venant des cellules de droite vers la gauche, les autres venant des cellules de gauche vers la droite, et s'entre-croisant d'ailleurs étroitement. Par cette nouvelle et puissante commissure, à côté de la dualité, s'affirmait la seconde loi de l'être : la loi de conjugaison. A noter également, ne fût-ce que pour rendre hommage à la logique de ce phénomène, que, à mesure que la duplicité s'institue chez les animaux supérieurs, les traces du polyzoïsme antérieur s'affaiblissent et se dégradent.

En vérité, devant tout ce spectacle, que devient la conception de l'unité essentielle et absolue de l'être, telle que l'enseignent encore à l'envi théologiens, métaphysiciens et philosophes classiques? Voilà deux co-êtres qui sont tellement distincts qu'ils sentent, pour causer, le besoin de se relier entre eux par un réseau téléphonique. Certes, si, par ces connexions nerveuses et par la grande commissure cérébrale, ils affirment leur fin commune, qui est la coordination et le parallélisme de leur activité et la constitution d'un être un en ses œuvres, du moins cette unité n'est-elle qu'un pur phénomène, un fait d'organisation secondaire, comme le fut dans la cellule-œuf l'unité d'un germe né d'un double apport viril et féminin. Tout dément cette unité métaphysique sur laquelle se fondent encore aujourd'hui les raisonnements des philosophes, unité qui ferait de nous un être simple et absolument homogène, toujours identique à lui-même en sa nature, alors que nous sommes manifestement un composé à organisation variable et évolutive, dont l'activité générale est régie par l'activité spéciale de ses parties.

VII. — Conclusion[1].

Ainsi toute son organisation adulte et toute l'histoire de son évolution organique crient à l'Homme son Duplicisme :

Formée d'un double élément viril et féminin, d'un spermatozoïde et d'un ovule, la cellule-œuf est manifestement double en son intime constitution. Sans doute, par la répartition de ses deux éléments sexuels constitutifs, entre chacun de ses segments chromatiques, cet œuf va réaliser un instant le prodige de s'*unifier*. Mais à peine ce nœud d'*unicisme* secondaire s'est-il formé que, sous une forme nouvelle, et sans dédoubler aucunement les éléments unis, le dualisme fondamental de la Nature vivante va reprendre ses droits, et s'affirmer en la cellule-œuf, comme il l'eût fait en toute autre cellule, par le phénomène normal de la scissiparité. Chacun des deux blastomères initiaux constitués par ce phénomène va devenir le point de départ, d'abord dans l'embryon, puis dans l'être organisé, d'une individualité propre. Cette individualité de chacune des masses cellulaires nées de chaque blastomère initial s'affirmera, au cours de la première vie embryonnaire, par le groupement distinct en *provinces* topographiques et en *lignées*

[1] On peut ajouter, aux divers ordres de preuves que nous venons de développer, une nouvelle preuve en faveur du duplicisme tirée de la *suppléance* entre co-êtres. Une leçon de Brown-Séquard, reproduite par le journal anglais *The Lancet*, nous apprend que le savant biologiste professait la dualité du cerveau et ajoutait que chaque hémisphère cérébral représente un cerveau complet, capable de produire à lui seul toutes les fonctions de la vie normale des deux côtés du corps. Brown-Séquard fondait son opinion sur les différences morphologiques et d'aptitudes que présentent entre eux les deux côtés du corps, et aussi sur les phénomènes de suppléance qu'à cette époque on soupçonnait plutôt qu'on ne les constatait.

Ces phénomènes de suppléance entre les deux cerveaux ont été directement prouvés, depuis, par une physiologiste russe, Marie de Manacéine, à l'aide de diverses expériences. Elle a montré que, durant le premier sommeil, c'est le cerveau gauche chez les droitiers, le cerveau droit chez les gauchers, qui s'endort, tandis que l'autre veille. Les deux cerveaux ont donc une existence individualisée, puisqu'ils se suppléent. Ayant empêché de très jeunes chiens de prendre le moindre sommeil, cet auteur observa qu'à partir de la vingtième heure de cette insomnie absolue les pauvres bêtes présentaient un phénomène étrange : une moitié de leur corps, la droite par exemple, se faisait insensible, et aucune excitation produite sur ce côté ne donnait naissance ni à des mouvements volontaires, ni à des réflexes. Mais, au bout d'un temps variable (dix à trente minutes), l'insensibilité cessait du côté droit pour apparaître du côté gauche, que peu après elle abandonnait à son tour pour revenir au côté droit, et ainsi de suite. Il est évident que les bêtes dormaient d'un côté et que la moelle participait à ce demi-repos, puisque d'un côté les réflexes étaient abolis. C'est donc entre les deux co-êtres, et non plus seulement entre les deux cerveaux, que se produisait cette alternance en laquelle éclate l'individualité de chacun des deux êtres qui nous composent, expédient suprême destiné à soutenir l'être complet contre les excitations violentes et répétées qui privaient l'organisme de tout repos.

Digitized by Google

héréditaires ; puis, à partir de la gastrulation, par la parité de tous les organes, décelée, même chez les organes médians, par leur dualité anatomique ; puis elle s'accusera encore par les aptitudes différentes des deux co-êtres.

Les expériences tératologiques sont venues ensuite apporter à cette conception une confirmation singulière. Elles nous ont montré combien radicale et complète est la séparation qui s'est produite entre les deux blastomères initiaux, puisque tout d'abord ceux-ci, au premier instant de leur existence, c'est-à-dire avant qu'ils commencent à se fusionner en vue de se différencier, peuvent chacun donner naissance à un être complet. Dans les espèces plutôt inférieures, on voit même cette production d'êtres complets dépasser le stade II, en sorte que l'œuf apparaît comme contenant, non plus deux embryons seulement, mais quatre, huit et parfois même seize. Mais il est remarquable qu'à l'état de développement adulte, ces mêmes animaux se présentent comme constituant, non une unité physiologique ou simplement une dualité, mais une *colonie*. Dès que la formation coloniaire cesse d'apparaître, et que le zonitisme lui-même tend à à s'effacer, la totipotence ne s'accuse plus que dans les deux premiers blastomères. De même que dans l'être adulte il n'existe plus que deux co-êtres, de même dans la cellule-œuf il n'existe plus que deux embryons complets qui, s'accommodant bientôt par des échanges de substance avec différenciations nécessaires, en arriveront, quand leur évolution sera achevée, à ne plus donner naissance qu'à des demi-embryons.

Voilà le Duplicisme biologiquement établi. Mais la coordination des activités, la collaboration des deux co-êtres à une fin commune exige, comme contre-partie de la dualité fondamentale, des garanties que la conjugaison des deux existences restera assurée. C'est pourquoi l'organisation nerveuse assurera à chaque cerveau la domination de son dème, grâce à un puissant réseau nerveux ; mais, en même temps, chaque cerveau émettra dans le dème voisin un réseau nerveux suffisant pour être renseigné, mais insuffisant pour diriger. On ne peut méconnaître que toute cette organisation ne se révèle comme très attentive à cette loi de conjugaison et très apte à sauvegarder celle-ci. On ne sait, il est vrai, ce qu'elle met le mieux en évidence : l'individualité et l'autonomie de chaque dème, ou le mécanisme savant de leur conjugaison.

Toutes ces preuves de notre dualisme conjugué, de notre Duplicisme, forment un faisceau et se fortifient l'une par l'autre. Mais n'en est-il point d'autres ; et n'est-ce que dans le microscope ou sous le rasoir ou le scapel qu'apparaîtront les signes des conditions fondamentales de notre nature ? Il serait *a priori* impossible d'admettre la compétence exclusive des sciences purement biologiques. Si l'Homme est double en ses éléments organiques, il doit se manifester tel dans toutes les formes de son activité. Que ses manifestations d'activité soient d'ordre physiologique ou psychologique, — je ne prends ces mots que pour ce qu'ils valent, c'est-à-dire pour de simples étiquettes de classification, — qu'elles intéressent l'Homme-individu ou l'Homme social, qu'on les observe sur un sujet normal ou à l'état de maladie, elles doivent également présenter les caractères, le sceau de la nature humaine et ainsi déceler le Duplicisme primitif.

Or, il en est ainsi ; et si la place nous manque ici pour ajouter, aux preuves biologiques exposées, un autre ou plutôt d'autres faisceaux de preuves, empruntées les unes à la Psychologie normale, d'autres à la Patho-psychologie, — hypnotisme, dédoublement de la personnalité, — enfin d'autres fort importantes à la Sociologie, du moins l'avons-nous déjà fait ailleurs[1]. Qu'il me suffise de dire que si, comme nous l'espérons, la Science en vient à vérifier le bien fondé de la conception dupliste, c'est toute une philosophie nouvelle qui se trouvera fondée, et nous pouvons ajouter qu'à sa clarté l'évolution sociologique moderne trouvera une explication inattendue.

Camille Sabatier.

[1] CAMILLE SABATIER : *Le Duplicisme humain*. Alcan (2 fr. 50).

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lebesgue (Henri), *Professeur au Collège de France.* — **Leçons sur les Séries trigonométriques.** — 1 *vol. in-8° de* 128 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Le problème de la représentation d'une fonction par une série trigonométrique fut posé pour la première fois par Euler dans un Mémoire sur des recherches astronomiques, puis, plus tard, par Fourier dans sa *Théorie de la chaleur*. Pendant tout le XIXe siècle, il a continué à occuper les mathématiciens, à tel point que la théorie des séries trigonométriques forme depuis longtemps un chapitre important de l'Analyse. Encore actuellement elle fournit un terrain commun de recherches pour le géomètre, l'astronome et le physicien.

Les progrès de l'Analyse ont permis d'introduire de nombreux perfectionnements dans la théorie des séries trigonométriques, en apportant plus de précision et de rigueur dans les démonstrations et en créant des méthodes nouvelles. Il était donc intéressant et utile pour les analystes d'avoir un tableau de l'état actuel de la théorie, et ils sauront gré à M. Lebesgue de le leur présenter dans son récent livre sur les séries trigonométriques.

L'ouvrage a été rédigé d'après les leçons que l'auteur a faites au Collège de France en 1904-05 (cours de la fondation Claude-Antoine Peccot). Il débute par le rappel d'un certain nombre de définitions et d'énoncés relatifs aux propriétés des fonctions, puis il aborde l'étude de la détermination des coefficients des séries trigonométriques représentant une fonction donnée; on y trouve les formules classiques d'Euler, de Fourier et de Lagrange.

Dans les chapitres II, III et IV, l'auteur s'attache plus particulièrement aux *séries de Fourier*. Ce sont les séries trigonométriques remarquables dont les coefficients sont donnés par les formules d'Euler et de Fourier. La sommation de ces séries est étudiée d'après les procédés d'Euler, de Lagrange et de Fourier, puis d'après la méthode récente de M. Kneser. La recherche de la convergence fait l'objet d'une étude très complète et très remarquable, dans laquelle M. Lebesgue expose successivement le théorème de Riemann, puis les conditions de Lipschitz, de Dini, de Dirichlet et de Jordan.

Dans l'étude des séries de Fourier quelconques, l'auteur examine l'existence de celles qui sont divergentes et il présente les procédés de sommation de Poisson, de Riemann, de Féjer. Revenant aux séries trigonométriques quelconques, il montre, dans un dernier chapitre, quelles peuvent être les séries trigonométriques représentant une fonction donnée.

H. Fehr,
Professeur à l'Université de Genève.

Charbonnier (P.), *Chef d'Escadron d'Artillerie coloniale.* — **Balistique intérieure.** — 1 *vol. in-18 de* 360 *pages et* 48 *figures de l'Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Oct. Doin, éditeur. Paris*, 1908.

Il a été rendu compte, dans un précédent numéro de la *Revue*, de la « Balistique extérieure » du même auteur, et, à cette occasion, nous avons eu le plaisir de mettre en évidence aussi bien le talent d'exposition qui caractérise M. Charbonnier que la valeur de ses propres travaux dans le domaine dont il s'agit.

Si les mêmes qualités de style caractérisent encore sa « Balistique intérieure », la rigueur des raisonnements et le fond de l'ouvrage nous paraissent, par contre, donner lieu à de sérieuses critiques. Tout d'abord, je noterai que le volume presque en entier n'est qu'un exposé des idées de l'auteur et qu'une part très restreinte y a été faite à l'historique, cependant si intéressant, de la Balistique intérieure. Des questions du plus haut intérêt, aussi bien au point de vue théorique que pratique, sont à peine mentionnées : tel est, par exemple, le phénomène des surpressions dû aux pressions ondulatoires.

L'auteur débute par une série de considérations sur la formule de Noble et Abel; perdant de vue le caractère purement empirique de cette formule ou, ce qui revient au même, le fait de la variabilité du coefficient f et de la température de combustion T avec la densité de chargement Δ, le C^t Charbonnier en arrive à vouloir mettre d'accord les déductions théoriques tirées de cette formule pour des valeurs de Δ en dehors du domaine expérimental avec diverses données des poudres actuelles. Pour établir cet accord, qui, d'après ce que nous venons de dire, est sans aucune signification physique, des hypothèses extraordinaires sont émises sur les poudres colloïdales. En ce qui concerne notamment la dilatation de la poudre solide, l'idée d'une dilatation cubique très grande à 2.000° est envisagée, alors qu'on sait que les poudres à la nitrocellulose sont intégralement transformées en gaz aux environs de 180° centigrades!

Examinant le processus de combustion des poudres colloïdales, l'auteur prend 1 pour valeur de l'exposant de pression α, contrairement aux résultats expérimentaux obtenus par M. Vieille et vérifiés depuis par MM. Liouville et Gossot. M. Charbonnier affirme bien avoir déduit cette valeur de α de ses propres expériences, mais il convient de remarquer que sa démonstration est basée : 1° sur l'hypothèse peu admissible qu'une certaine quantité β, dont il va être question plus loin, est constante pour une même poudre quel que soit l'échantillonnage de cette dernière; 2° sur la mesure d'un coefficient angulaire. Dans ces conditions, il paraît difficile de comparer ces résultats à ceux, plus directs et plus précis, qui ont été obtenus au Laboratoire des Poudres et Salpêtres.

La combustion par tranches parallèles est admise, mais l'auteur se refuse à penser que « les lois élémentaires déterminées pour un seul brin pourront sans modification s'appliquer à un fagot tout entier, tel qu'il est constitué dans la chambre d'un canon, et à la charge entière composée de plusieurs fagots bout à bout ». A cette « qualité qui différencie le mode de combustion d'une charge suivant la disposition des fagots, la forme et la dimension des brins de poudre », il faut « pouvoir faire correspondre des quantités algébriques qui soient les caractéristiques de l'espèce de poudre considérée relativement à ses propriétés non pas géométriques, mais balistiques ». Le C^t Charbonnier ajoute que ces quantités devront pouvoir, dans chaque cas particulier, être demandées à l'expérience. Enfin, en ce qui concerne le choix de la fonction (fonction de forme) qui permettra de déterminer les caractéristiques précitées, celle-ci doit être telle qu'au cas limite on retrouve la forme analytique définie par la seule figure du grain.

Ainsi donc, la notion de fonction de forme est introduite pour tenir compte des perturbations apportées au phénomène de combustion de la charge, soit par le manque d'homogénéité chimique de celle-ci, soit par les particularités diverses de son allumage. Or, cette fonction de forme, caractérisée par l'exposant β cité précédemment, étant déduite d'une combustion dans

Digitized by Google

un vase clos (bombe) d'un très petit volume, il s'ensuit que la détermination de β donne évidemment lieu *a priori* à des critiques du même genre que celles formulées par M. Charbonnier contre l'emploi des hypothèses habituelles étendues au cas d'une charge brûlant dans un canon. D'ailleurs, β étant considéré comme fixe pour une même variété de poudre, on ne voit pas très bien comment cette constance permet de tenir compte des perturbations d'origine différente provoquées par la diversité des conditions d'emploi de la variété de poudre envisagée.

Ainsi et de quelque façon qu'on la considère, l'utilité de l'introduction de la fonction de forme paraît des plus contestables, aussi bien en principe que par le mode d'obtention de la caractéristique β.

L'auteur déclare, à la vérité, que des tirs au canon sont nécessaires pour fixer la valeur définitive des divers paramètres qui entrent dans les formules trouvées par lui; c'est ainsi qu'il est amené à définir les caractéristiques i et j du canon et de la vivacité et une autre Z_0 du forcement. La connaissance de ces caractéristiques, jointe à celle de l'expression α de la vitesse de combustion de la poudre, de f (force de la poudre), de A (vivacité) et de β, doit suffire à déterminer avec précision les effets du tir.

Nous venons de voir ce qu'il fallait penser de la précision avec laquelle peut être obtenu β; l'auteur, à qui ce fait n'a nécessairement pas échappé, fait alors porter la correction de l'erreur commise de ce chef sur la caractéristique j, dont la valeur se détermine par le tir d'une poudre lente dans le canon étudié. L'introduction de la caractéristique i permettra de tenir compte de la force vive de rotation du projectile, du frottement des rayures, de l'inertie de la masse au recul, de l'échauffement du canon. Pour déterminer i, tel que $i\mu$ soit la masse fictive du projectile ($\mu = \frac{p + \delta\omega}{g}$, avec $0 < \delta < 1$), on tirerait une poudre très vive dans le canon à l'étude, c'est-à-dire de manière que la vivacité n'intervienne que très peu dans les formules.

Ce mode opératoire nous paraît critiquable, car, si la poudre employée pour déterminer i est très vive, on aura, pour une pression égale à la pression d'emploi en service, une vitesse du projectile relativement faible et une faible charge; c'est-à-dire que les effets perturbateurs, corrigés par la valeur de i obtenue, seront tout autres que ceux dont on a en vue la correction.

Il résulte de ce qui précède que la plus grande précision qu'on espère obtenir en substituant à des coefficients empiriques, basés sur la moyenne d'un grand nombre de résultats, des paramètres déduits d'un certain nombre de tirs spéciaux, est pour le moins douteuse.

Il apparaît encore plus nettement que l'application pratique de ces formules n'est aucunement avantageuse *a priori*, puisqu'elle exige précisément des tirs préliminaires dans la bouche à feu dont il s'agit de prévoir les résultats balistiques. Les formules proposées ne sont donc, en définitive, qu'une représentation semi-analytique et semi-empirique des résultats obtenus dans la bombe et dans le canon à l'étude. Elles sont, par conséquent, moins commodes que les formules auparavant connues, et peut-être même que les formules purement empiriques comme celles du Cᵗ Leduc.

En terminant, signalons une erreur commise (p. 102) par l'auteur dans sa tentative d'explication des particularités qui accompagnent la sortie de la veine gazeuse du canon : « Le projectile se mettant en mouvement, l'onde aérienne qui naît dans le tube à l'avant du projectile va jusqu'à la bouche et là se réfléchit avec changement de signe de la dilatation, tandis que, d'autre part, elle ébranle l'atmosphère extérieure sur une demi-sphère qui aura un rayon a T au moment de la sortie du projectile (a vitesse du son, T durée du trajet du projectile dans l'âme)... » Si l'on réfléchit que, dans les bouches à feu de grande puissance, la vitesse moyenne du projectile est, à partir d'un parcours de 4 calibres environ, supérieure à a, il est aisé de se rendre compte que l'onde précitée n'atteindra la bouche qu'en même temps que le projectile. Tout le reste de l'explication est donc faussé par cette erreur manifeste.

***

Valbreuze (R. de), *Ancien Officier du Génie, Ingénieur électricien*, et **Laville** (Ch.), *Ingénieur-Conseil.* — **Eléments de Mécanique et d'Electricité.** — *1 vol. in-12 de 379 pages, avec 121 figures, de la Bibliothèque du Chauffeur.* (*Prix : 7 fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Cet ouvrage a pour but de familiariser le lecteur avec les éléments de Mécanique et d'Electricité nécessaires à l'intelligence des organes d'une automobile.

Après quelques généralités sur la constitution de la matière, l'exposé des unités métriques et C. G. S., des considérations théoriques sur le mouvement, les forces, le travail, vient l'application de la Mécanique aux automobiles (transformation de la nature d'un mouvement et mécanismes employés à cet effet, mécanismes au point de vue dynamique, mécanique, de l'automobile en marche). Sous cette dernière rubrique, sont étudiés le schéma général d'une automobile à pétrole, l'adhérence, la direction, le dérapage.....

Dans la seconde partie, sont définies les unités magnétiques et électriques, sont étudiés les lois de l'induction, les générateurs et moteurs électro-mécaniques, les transformateurs, les générateurs électrothermiques et électrochimiques.

Comme applications de ces données théoriques, sont décrites les voitures électriques, les voitures pétroléo-électriques (mixtes, à transmission électrique, à changement de vitesse électrique). L'ouvrage se termine par un chapitre consacré à l'allumage des moteurs à explosions.

Il est écrit dans une forme succincte et claire, qui en rend la lecture aussi facile qu'intéressante.

GÉRARD LAVERGNE,
Ingénieur civil des Mines.

2° Sciences physiques

Turpain (Albert), *Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Poitiers.* — **Précis de Physique** (*à l'usage des candidats au P. C. N.*). — *1 vol. in-8° de 504 pages avec 413 fig.* (*Prix 7 fr.*) *Vuibert et Nony, éditeurs. Paris*, 1908.

Id. — **Recueil de Manipulations élémentaires de Physique** (*à l'usage des candidats au P. C. N.*). — *1 vol. in-4° de 232 pages avec 117 fig.* (*Prix : 6 fr.*) *Vuibert et Nony, éditeurs. Paris*, 1908.

Le premier de ces deux ouvrages est un résumé, à l'usage des candidats au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles, des *Leçons élémentaires de Physique* du même auteur, que nous avons déjà eu l'occasion d'apprécier ici même. Il est conforme au programme de 1907, et constituera, pour le futur médecin, un excellent guide dans sa première initiation aux sciences expérimentales.

M. Turpain a eu l'heureuse idée de compléter ses ouvrages de Physique par un recueil de manipulations, d'un caractère élémentaire, il est vrai, mais remarquable par le souci qu'a l'auteur d'assister constamment l'étudiant et de le précéder pas à pas au cours de chaque manipulation. Il indique avec grand soin tous les détails des opérations à effectuer, ainsi que l'ordre de leur succession, en attirant l'attention de l'opérateur chaque fois qu'une difficulté ou une cause d'erreur se présente. Persuadé que l'ordre et le soin apportés aux moindres opérations doivent être les qualités maîtresses du physicien, M. Turpain n'a pas craint de tracer d'une manière des plus complètes le registre d'expérience de chaque manipulation, pour obliger l'élève à bien ordonner ses calculs.

Nous ne doutons pas que ce recueil, fruit d'une longue expérience de l'enseignement, ne soit très utile aux élèves de nos Universités.

Digitized by Google

Arendt (O.), *Inspecteur des Télégraphes.* — **Die elektrische Wellentelegraphie. Einführung in die Theorie und Praxis.** (La télégraphie par ondes électriques. Introduction a la théorie et a la pratique). — 1 *vol. in-8° de* 166 *pages.* (*Prix*: 7 *fr.* 50.) *Vieweg et fils, éditeurs. Braunschweig*, 1908.

Inspecteur des télégraphes à Berlin, M. Arendt a eu à s'occuper, à diverses reprises, au point de vue technique, de l'installation de stations de télégraphie sans fil. La part personnelle qu'il a prise à la Conférence internationale de 1906 le qualifiait tout particulièrement pour exposer l'état actuel de la question. L'ouvrage qu'il nous donne constitue non un traité, mais un manuel destiné à des techniciens qui, déjà familiarisés avec les principes et les méthodes de l'Electrotechnique, désirent se tenir au courant des procédés de la télégraphie sans fil.

L'auteur s'est donc tout d'abord préoccupé de montrer le lien qui unit les principes de la télégraphie sans fil à la théorie des ondes électriques et, par là, aux théories générales de l'électricité.

Puis, par des exemples concrets, puisés dans certaines installations en service, il indique quelle est l'application qui a été faite de ces principes et à quels dispositifs industriels elle a conduit.

La division de l'ouvrage en deux parties distinctes répond à cette double préoccupation.

La première partie, purement théorique, a pour titre : « Les bases physiques de la télégraphie par ondes électriques ». Après un rappel succinct de notions sur les courants alternatifs à basse fréquence et leur mesure, elle présente un résumé très clair de la théorie des oscillations électriques et des conceptions de Maxwell. Un développement spécial est consacré à l'étude des oscillations dans les résonnateurs ouverts et aux ondes stationnaires qui prennent naissance dans les solénoïdes et les antennes.

Les questions importantes de la résonance des circuits, de l'amortissement et du couplage, sont traitées d'une manière élémentaire, mais saisissante, sans développements mathématiques. Des notes, rejetées en compléments, à la fin de l'ouvrage, donnent, au sujet de la solution des principales équations, les éclaircissements voulus.

Bien qu'un chapitre entier soit consacré aux méthodes et instruments de mesures en télégraphie sans fil, on peut regretter qu'il ne soit fait état que des mesures de périodes. La détermination des amortissements est appelée à rendre d'autant plus de services dans la technique de la télégraphie sans fil qu'elle permet seule d'opérer le choix judicieux de la forme de l'antenne, c'est-à-dire de donner à un poste le rendement maximum.

Enfin, l'exposé théorique contient quelques indications suffisantes sur les oscillations entretenues, en particulier sur la méthode de Poulsen avec les modifications qui y ont été apportées par la « Telefunken ».

La deuxième partie, purement descriptive, traite des « Dispositifs employés dans la télégraphie par ondes électriques ».

Les différents appareils de transmission et de réception, les transformateurs, détecteurs, appareillages et montages, sont présentés très clairement.

A la vérité, les seuls appareils décrits sont ceux de la société « Telefunken ».

Comme ils constituent un ensemble cohérent et complet, ils sont d'ailleurs bien choisis pour permettre d'illustrer les principes théoriques. Des indications suffisamment précises et des schémas joints aux descriptions font connaître le mode d'emploi des appareils et les particularités des montages. Ces indications sont complétées par l'énumération des conventions adoptées pour les signaux de service ainsi que par la liste des stations allemandes créées par la « Telefunken » et ouvertes au service privé.

L'ouvrage de M. Arendt, écrit sobrement, constitue, sous une forme concise, un excellent exposé de l'état actuel de la « télégraphie sans fil » et rendra service non seulement aux techniciens, mais à tous les électriciens qui désirent se tenir au courant de la question.

C. Tissot,
Professeur à l'École Navale.

Foveau de Courmelles (Dr), *Lauréat de l'Académie de Médecine.* — **L'Année électrique, électrothérapique et radiographique.** — 1 *vol. in-16 de* 332 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Ch. Béranger, éditeur. Paris*, 1908.

Dans ce nouveau volume, qui continue la série si bien commencée, l'auteur passe en revue les progrès électriques accomplis pendant l'année 1907. Rien n'est oublié de ce qui présente un certain intérêt, et le lecteur sera heureux de trouver, dans le livre de M. Foveau de Courmelles, le résumé substantiel et clair de tous les faits et de toutes les observations qui méritent de retenir l'attention.

Fischer (Emil), *Professeur de Chimie à l'Université de Berlin.* — **Guide de Préparations organiques à l'usage des Etudiants.** — *Traduction française, d'après la 7e édition allemande, par* MM. H. Decker et G. Dunant. 1 *vol. in-16 de* 107 *pages.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Voici un petit livre qui recevra certainement le meilleur accueil de tous ceux (chefs des travaux, directeurs de laboratoires d'enseignement) qui ont la tâche difficile de guider les débutants dans leur premières manipulations de Chimie organique. Le choix, l'ordre des préparations, la difficulté croissante de celles-ci ont reçu la consécration de plusieurs années d'expérience au Laboratoire d'Emil Fischer, au cours desquelles on a pu juger de l'efficacité de la méthode employée.

L'ouvrage débute par de sages prescriptions aux néophytes en vue d'éviter les accidents. C'est, à notre avis, en effet, une mesure excellente de rappeler aux élèves les dangers multiples résultant, par leur propre fait ou celui d'un voisin maladroit, de la moindre infraction aux règles de la prudence. Beaucoup ignorent qu'il y a danger très grand à manipuler sans précaution des quantités un peu importantes d'éther, de benzine, de phosphore blanc, ouvrir des tubes scellés, etc...

La première partie est ensuite consacrée à des manipulations d'ordre de difficulté croissante.

Ces préparations, que l'auteur a tenues au courant des méthodes les plus récentes (réaction de Grignard, procédés d'hydrogénation de Sabatier et Senderens), mettent en œuvre à peu près toutes les réactions usuelles de la Chimie organique (réductions, oxydations, hydratation, déshydratation, nitration, sulfonation, chloruration, éthérification, etc...). La part la plus importante a été attribuée à la série aromatique, et c'est tout naturel, étant donnée la facilité réactionnelle plus grande du noyau aromatique et la tendance des dérivés ainsi obtenus à cristalliser.

La deuxième partie comporte les manipulations plus difficiles de produits biologiques (sucres et dérivés aminés). L'hydrolyse de la gélatine, qui est traitée avec quelques détails, est un exemple excellent d'une analyse immédiate réellement complexe.

G. Blanc,
Docteur ès sciences.

Lunge (G.), *Professeur de Chimie industrielle au Polytechnicum de Zurich.* — **Analyse chimique industrielle.** *Ouvrage publié avec la collaboration d'un groupe de techniciens et de spécialistes. T. II*: **Industries organiques.** *Traduit sur la 5e édition allemande, par* M. E. Campagne. — 1 *vol. in-8 de* 904 *pages avec* 118 *figures.* (*Prix broché* : 22 *fr.* 50.) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

A la suite de l'apparition du premier volume, nous avons signalé dans la *Revue* (numéro du 30 septembre

Digitized by Google

1907, p. 770) tout l'intérêt que présente pour les chimistes français la traduction de cet ouvrage qui fait autorité en la matière. Le second volume, qui vient d'être mis en vente, est consacré aux Industries organiques. M. Lunge a su grouper une série de spécialistes qui exposent, avec une grande compétence, la pratique analytique dans leurs domaines respectifs. C'est ainsi que M. D. Holde traite des huiles minérales, M. J. Lewkowitsch des huiles, graisses et cires, MM. F. Franck et E. Marckwald du caoutchouc, M. E. Gildemeister des huiles essentielles, M. O. von Lippmann de l'industrie du sucre, M. C. von Eckenbrecher de l'amidon, M. C. Councler des matières tannantes, M. J. Paessler du cuir, M. W. Herzberg du papier, M. O. Schluttig des encres, M. H. Rasch de l'industrie de l'acide tartrique et de celle de l'acide citrique, enfin, M. R. Gnehm des matières colorantes organiques.

Cet ouvrage, tout à fait au courant des derniers progrès, constitue un guide indispensable pour tous ceux qui ont à se mouvoir dans les questions, souvent difficiles, de l'analyse industrielle. L. B.

8° Sciences naturelles

Choffat (Paul). — **Notice sur la carte hypsométrique de Portugal.** *Extrait du tome VII des « Communicaçoes » du Service géologique du Portugal, avec une carte tectonique. Imprimerie de l'Académie royale des Sciences. Lisbonne*, 1907.

M. Paul Choffat, dont les beaux travaux sur la géologie du Portugal sont universellement connus et appréciés, a eu l'heureuse idée de nous donner une carte hypsométrique de ce pays. A vrai dire, divers essais avaient déjà été tentés dans cette voie, comme l'auteur nous en avertit dans sa notice; mais je doute qu'ils fussent aussi réussis que celui dont nous avons à parler. En tout cas, ils ne pouvaient être aussi exacts, car la carte régulière au 1 : 100.000 vient seulement d'être terminée, et c'est elle qui est la base de la généralisation que nous présente le Service géologique de Portugal. La nouvelle carte est en courbes à espacement irrégulier, de façon à alléger l'ensemble, sans négliger néanmoins aucun trait de quelque importance. On a ainsi toute une série de zones de 0 à 25 mètres, de 25 à 50, de 50 à 200, de 200 à 400, de 400 à 700, de 700 à 1.200, de 1.200 à 1.400, et de 1.400 à 2.000. L'auteur nous indique, d'ailleurs, pour quelles raisons il a adopté ces zones, de préférence à d'autres, mais il serait trop long de le suivre dans son examen. L'emploi de teintes plates, d'abord vertes pour les deux zones inférieures, puis bistre de plus en plus foncé pour les zones suivantes, aide à mieux saisir l'orographie générale. De même, le plateau continental, limité par l'isobathe de 200 mètres, est teinté en bleu clair, tandis que les profondeurs plus considérables sont marquées d'un bleu plus foncé. Le résultat des principaux sondages est indiqué par un nombre; on observe ainsi combien le fond de la mer s'abaisse rapidement ici à partir du seuil continental, car nous voyons la cote — 2.140 mètres à 5 kilomètres et celle de — 3.306 mètres à une quinzaine de kilomètres de ce seuil. Ajoutons, d'autre part, que le point culminant du Portugal, dans l'Estrella, est coté 1991. Du reste, la partie septentrionale apparaît immédiatement comme bien plus élevée que la partie méridionale.

Il est bien évident qu'à cette échelle du 1 : 500.000, les détails disparaissent; on ne peut marquer que les grandes masses. Comme l'auteur le fait observer très justement, cette carte ne peut traduire entièrement les rapports entre le relief et la géologie. Et cependant, quand on met côte à côte la carte hypsométrique et la carte géologique publiée sur le même fond par Delgado et Choffat, en 1899, on est immédiatement frappé par un certain nombre de ces rapports. Tous les massifs élevés, toute la Meseta, appartiennent aux terrains paléozoïques et au granite, qui forment néanmoins dans la région de Beja et d'Evora un large massif dépassant rarement 400 mètres. Entre celui-ci et le précédent s'étale un vaste bassin tertiaire, presque entièrement en dessous de la courbe de 200 mètres. Quant aux terrains secondaires, qui forment un triangle sur la côte occidentale et une bande étroite en Algarve, ils ne s'élèvent au-dessus de 400 mètres que d'une façon exceptionnelle. Pourrait-on fournir meilleur exemple de l'influence des roches éruptives sur le relief que celui de la Serra de Monchique, vaste dôme de foyaïte atteignant 902 mètres, alors que la plaine environnante se tient souvent en dessous de 200? Il est de même des accidents géologiques moins importants qui se traduisent encore très nettement sur la carte hypsométrique : par exemple les bandes de quartzites siluriens qui impriment leur direction SE-NW aux Serras de Portalegre, de Muradal, de Bussaco, etc.

La notice de M. Choffat constitue une description tectonique du Portugal d'autant plus précieuse pour nous que nous n'avions encore aucun travail analogue, les travaux que mentionne l'index bibliographique étant ou très généraux ou très spéciaux. Je regrette de ne pouvoir suivre l'auteur dans sa description. Il y a cependant là nombre de problèmes intéressants qui, s'ils ne sont pas tous résolus, sont du moins posés; tel est le cas pour les dislocations de l'Arrabida et ces singulières vallées typthoniques où la complication est extrême.

Dans les considérations finales, M. Choffat envisage les limites des mers successives et résume l'histoire géologique du Portugal; puis il rappelle un certain nombre de points importants au sujet des mouvements orogéniques, tels que la déviation des plis mésozoïques au voisinage de l'ancien noyau effondré des îles Berlengas, l'impossibilité de rapporter le système lusitano-castillan au système hercynien, la liaison de la baie du Tage et de celle du Sado avec un ensemble de failles en relation avec les charriages de l'Arrabida, etc. Un point demeure encore obscur. Comment se fait-il que les cours d'eau coulent vers le Sud-Ouest, sauf le Douro, qui coule à l'Ouest, alors que la direction générale des plis est vers le Sud-Est? N'y aurait-il pas là surimposition? Tel ne paraît pas être l'avis de M. Choffat, d'après lequel ce cours des fleuves, de même que les rias de Galicie, seraient plutôt dus à des failles en relation avec les failles pliocènes de Gibraltar, du Guadalquivir, etc. Quelle que soit la solution de cette question de détail, le travail de M. Choffat nous semble plein d'intérêt et digne de retenir toute notre attention.

L. Pervinquière,
Chargé de Conférences à la Sorbonne.

Fèvre (H.), *Professeur à l'Ecole Normale d'Instituteurs de Dijon*, et **Hauser** (H.), *Professeur à l'Université de Dijon.* — **Leçons de Géographie** (*pour les Ecoles Normales primaires et la préparation au brevet supérieur*). *Tome II* : **L'Europe.** — 1 *vol. in-8° de* 735 *pages avec* 184 *fig. et cartes.* (*Prix cartonné* : 4 *fr.*). *F. Alcan, éditeur. Paris*, 1908.

Nous avons déjà signalé, à propos de l'apparition du 1er volume, l'esprit dans lequel a été conçu cet ouvrage : rattacher toujours à la Géographie physique les phénomènes humains de tous ordres. Le second volume a été rédigé d'après la même méthode, qui a pu se préciser étant donné qu'il s'agissait de l'Europe, c'est-à-dire d'une partie du monde relativement restreinte et mieux connue des élèves. L'ouvrage sera donc utile non seulement au normalien, mais au jeune instituteur rural, perdu dans un village, pour préparer ses classes, ses cours d'adultes et ses conférences du soir.

Daniel (Lucien), *Professeur de Botanique appliquée à la Faculté des Sciences de Rennes.* — **La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole,** *avec préface de* M. Gaston Bonnier, *Membre de l'Institut. Fasc.* 1. — 1 *vol. in-8° de* 184 *pages, avec* 81 *dessins et* 1 *pl. en couleur. Mulo, éditeur. Paris*, 1908.

Chacun sait combien passionnantes sont les interminables discussions qui se sont élevées autour de la

Digitized by Google

question phylloxérique, depuis l'apparition du trop fameux puceron. Avec un engouement extraordinaire, que seule peut excuser la crainte de la ruine, on se jeta sur la culture des cépages américains, et cela sans étude préalable basée sur des expériences scientifiques rigoureuses. Des questions multiples d'intérêts personnels sont venues apporter un tel trouble dans la recherche de la vérité que la solution du problème semble toujours aussi éloignée. Si l'on songe que le greffage est actuellement encore l'une des pratiques horticoles dont la répercussion sur les organes du végétal reste des moins connues et des plus discutées par les savants spécialistes, on conçoit que tout ouvrage consciencieux émanant d'un esprit honnête et compétent doit être accueilli par le monde savant et par l'agriculteur éclairé avec une véritable reconnaissance. C'est ce qui se produira sans doute, croyons-nous, avec ce remarquable livre de M. Daniel, le distingué professeur de la Faculté de Rennes, dont les travaux antérieurs sont bien connus.

Dans le bref, mais substantiel exposé, qui forme le début du livre, M. Daniel relate quelques points de priorité parfois oubliés (découverte du phylloxera par Sahut, recherches de Maxime Cornu et Balbiani, etc.), puis, avec précision et clarté, à l'aide des méthodes qui lui sont chères, il fait comprendre au lecteur les réactions anatomiques et physiologiques de la plante, résistant aux attaques réitérées de ses milliers d'ennemis qui la criblent de blessures et détruisent dans son organisme l'équilibre fonctionnel. Ce sont de belles pages que liront avec intérêt ceux qui ne sont pas au courant de ce que l'auteur a précédemment appelé la « théorie des capacités fonctionnelles ».

Mais, si le parasite a une action directe sur son nouvel hôte, celui-ci (vigne française ou greffée) n'a-t-il pas déjà entraîné chez le puceron, par suite des différences de nutrition, des modifications adaptationnelles telles qu'on ne puisse leur attribuer la résistance au phylloxera constatée chez certaines races européennes et qui s'élève déjà de quatre à six années, et alors la lutte contre ce dernier n'est-elle pas possible? Autant de questions discutées avec autorité dans cette première partie.

La deuxième, de beaucoup la plus importante, traite du greffage, de ses avantages et de ses inconvénients. Après avoir fait l'historique critique des solutions proposées (culture de la vigne américaine, greffage de la vigne française sur vignes américaines, et productions d'hybrides franco-américains), l'auteur entre dans une longue et minutieuse dissertation scientifique, très documentée, sur les effets du greffage, tels que les relations des capacités fonctionnelles entre le sujet et le greffon, l'étude des variations de nutrition générale produite par ce greffage, etc.; ces chapitres sont accompagnés de nombreuses figures explicatives.

Mais, si nul ne songe plus guère à nier que le greffage n'apporte un trouble profond dans les conditions d'existence de la plante, dans sa biologie intime, il est naturel de penser que le retentissement s'en fera sentir dans ses produits. C'est ce qui semble indiscutable à l'auteur, qui trouve également dans les analyses chimiques de M. Laurent un appoint sérieux à ses démonstrations; il est dès lors naturel que ses conclusions constituent un brillant et savant plaidoyer en faveur de notre vieille vigne française et de son vin jadis si renommé. Tout en laissant à M. Daniel la responsabilité de sa manière de voir, on ne peut s'empêcher de constater que son argumentation n'est pas de celles que l'on retorque avec de simples phrases, et nous souhaitons que de semblables travaux, aussi sincères, permettent bientôt d'entrevoir la solution définitive tant désirée par notre viticulture.

Em. Perrot,
Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.

4° Sciences médicales

Richaud (A.), *Docteur ès sciences, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.* — **Précis de Thérapeutique et de Pharmacologie.** — 1 *vol. in*-8 *de* xxx-938 *pages, avec figures.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

Ce précis est, à notre connaissance, le premier ouvrage français de Pharmacologie générale où l'auteur ait adopté résolument une classification chimique; il a pensé « qu'en rangeant les médicaments à composition définie d'après la place qu'ils occupent dans la classification chimique, leur étude lui fournirait l'occasion de retracer les grandes lignes de la Chimie, d'en rappeler les notions fondamentales, celles que tout médecin doit connaître sous peine de faire une thérapeutique empirique ». Cette raison, toute didactique, est excellente; il aurait pu ajouter que ce plan est aussi celui qui fait le mieux ressortir les quelques lois assez bien assises qui établissent quelques relations entre la composition chimique des corps et leurs propriétés pharmacodynamiques et pressentir cette pharmacodynamie synthétique en voie de devenir, et dès maintenant déjà si féconde.

Toutefois, dans la pratique thérapeutique, une classification purement chimique n'est pas rigoureusement applicable, pour des raisons trop longues à expliquer dans une courte analyse bibliographique: — aussi l'auteur a-t-il apporté quelques amendement bien indiqués par le tableau ci-dessous :

1° Médicaments à composition chimique définie : *a*, d'origine minérale; *b*, d'origine organique;

2° Médicaments non définis d'origine végétale et leurs principes actifs;

3° Médicaments non définis d'origine animale.

Quant au fond, il est surtout remarquable par le soin avec lequel l'auteur a expurgé ses chapitres du fatras habituel des théories, des hypothèses, des « superstitions » pharmacologiques, vétustes et parfaitement inutiles. L'œuvre est résolument moderne, tout imprégnée d'un scepticisme de bon aloi en une science où « l'emballement » est le pire des dangers. Toutefois, il sera peut-être permis de regretter quelques jugements un peu bien sommaires, tel le jugement relatif à l'emploi thérapeutique des métaux colloïdaux. Mais, dans l'ensemble, il est probablement difficile, actuellement, de faire, en un volume relativement aussi restreint (935 pages), un exposé de Thérapeutique et de Pharmacologie à la fois plus complet et plus méthodique. Dr Alfred Martinet.

5° Sciences diverses

Rageot (Gaston). — **Les savants et la philosophie** (*Bibliothèque de Philosophie contemporaine*). — 1 *vol. in*-16 *de* 179 *pages.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *F. Alcan, éditeur. Paris*, 1908.

M. Rageot a réuni dans ce volume, en leur faisant subir quelques modifications, quatre articles publiés dans diverses *Revues* sur « la métaphysique des sciences nouvelles » (Herbert Spencer), « le néo-criticisme d'un géomètre » (Henri Poincaré), « les résultats de la psycho-physiologie » (Ribot, Pierre Janet), « la métaphysique de la psychologie » (Henri Bergson). En un langage toujours clair, parfois élégant et spirituel, il décrit quelques-unes des tendances les plus remarquables de la pensée contemporaine. Sa conclusion est désenchantée. La métaphysique de Spencer ne le satisfait pas, et celle de M. Bergson, dont on l'avait cru partisan lors de la publication de son article par la *Revue philosophique*, lui paraît aujourd'hui « fragile » et « crépusculaire ». Mais peut-être a-t-il plus de confiance dans les sciences que dans la métaphysique. Et ce ne sont pas les lecteurs de cette *Revue* qui l'en blâmeront.

P. L.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 Avril 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. **M. Deprez** étudie le planement des grands oiseaux voiliers. Il montre qu'il est impossible dans un courant d'air rigoureusement horizontal, mais s'explique très bien dans un courant légèrement ascendant. La force normale au plan de l'aile, due à la pression du courant d'air, se décompose en une force verticale, qui équilibre le poids de l'oiseau, et une force horizontale, dirigée en sens contraire de la direction du vent, qui équilibre la pression du vent sur le corps de l'oiseau. — M. **E. Guyou** signale que le Bureau des Longitudes s'est occupé en décembre et janvier de la question de la détermination des longitudes en mer par la télégraphie sans fil et a décidé d'entreprendre la réalisation de cette méthode.

2° Sciences physiques. — M. **E. Mathias** montre que, lorsqu'on détend adiabatiquement un mélange de liquide et de vapeur saturée de titre x, la variation dx du titre est du signe de m_x, chaleur spécifique à titre constant du mélange de titre x, qui est reliée aux chaleurs spécifiques m et m' des fluides saturés par la règle des mélanges. — M. **J. Pionchon** présente un hygroscope électrique d'une grande sensibilité. — M. **A. Dufour** a étudié les changements magnétiques, parallèlement au champ, du spectre du fluorure de silicium, ce qui lui a permis de grouper les arêtes en trois groupes principaux dont les fréquences, dans chaque groupe, obéissent à la formule simple de M. Deslandres. — M. **P. Vaillant** a constaté que l'évaporation des liquides, qui est proportionnelle à la chute de tension $F-f$ en atmosphère illimitée, ne l'est plus lorsque le liquide est entouré de hautes parois; elle semble alors représentée par une formule $p = B_1(F-f) + B_2(F-f)^2$. — MM. **A. Mayer** et **Ed. Salles** estiment que le transport des colloïdes inorganiques, comme celui des colloïdes organiques et des poudres, dépend des ions adsorbés par les granules colloïdaux. Tout transport électrique serait corrélatif d'une certaine décomposition du colloïde inorganique et d'une certaine électrolyse. — M. **de Forcrand** montre que le point d'ébullition de $LiOH.H^2O$ est de 181°; vers 140°, dans un courant d'H, il cède sa molécule d'eau. La lithine pure du commerce fond vers 445°; chauffée plusieurs heures à 480°, puis refroidie, elle donne un hydrate condensé $4\ Li^2O.5H^2O$. — M. **A. Duboin**, en faisant passer H^2S sur un mélange de chlorures de thorium et de sodium fondus, a obtenu un sulfure de thorium brun ThS^2 et un oxysulfure jaune ThOS. — M. **L. Hackspill** a préparé un alliage de platine et de thallium en projetant de la mousse de platine sur du thallium en fusion. De cet alliage, il a isolé le composé défini PtTl, F. 685°, D = 15,65. — M. **Ed. Maurer**, en chauffant 15 minutes à 1.050°, puis trempant dans l'eau glacée un acier renfermant 2,20 Mn, 1,94 C et 0,94 Si, a obtenu de l'austénite pure, constituée par des cellules présentant des macles très nettes. — M. **H. Le Chatelier** fait ressortir l'intérêt de la découverte de M. Maurer, qui avait été tentée sans succès par de nombreux savants. — M. **I. Bay** décrit un procédé simple de dosage du phosphore dans les matières organiques. La matière est brûlée dans un tube avec Na^2CO^3 et MgO; on dissout dans l'acide acétique et dose P par l'azotate d'urane. — M. **A. Colson** a observé qu'en dissolvant le phosphore dans le térébenthène à l'air, il y a oxydation de ce dernier avec formation du composé $H^3PO^4(C^{10}H^{16}O^2)^2$. Le phosphore agit semicatalytiquement. — M. **G. Carteret**, en traitant par l'eau un mélange de 1 partie de paraformaldéhyde et de deux parties de chlorure de chaux, a obtenu un vif dégagement d'un gaz (aldéhyde gazeux) jouissant de propriétés désinfectantes très énergiques. — M. **P. Gaubert** a reconnu que les sphérolites de cholestérine présentent tantôt la structure des édifices hélicoïdaux avec enroulement autour de la fibre, tantôt une structure plus compliquée avec, en outre, un autre enroulement en spirale.

3° Sciences naturelles. — M. **R. Robinson** montre que le cardia est limité du côté de la cavité de l'estomac par un repli de la muqueuse, *plica cardiaca*; à ce repli correspond extérieurement une échancrure. Le cardia a des connexions intimes avec le diaphragme. — M. **A. Dehorne** a constaté que les néphridies thoraciques des Hermellides sont au nombre de deux, entièrement indépendantes, chacune pourvue d'un pavillon vibratile interne et d'un néphridiophore latéral externe; elles répondent au type cirratulide. — M. **L. du Reau** a reconnu que l'épiderme du *Travisia Forbesii* se compose d'un épithélium à cellules cubiques recouvert par une cuticule épaisse; cette cuticule donne passage à des papilles qui s'épanouissent et se soudent à la surface, simulant un second épithélium. — M. **C. Nicolle** est parvenu à cultiver le protozoaire du bouton d'Orient dans un milieu formé de gélose, sel marin et eau; ce parasite s'est montré identique au *Leishmania Donovani*. — M. **J. Friedel** a étudié le développement du pistil chez les Malvacées. La cavité carpellaire communique d'abord avec l'extérieur; plus tard, le carpelle se ferme par accolement des bords de l'ouverture. — M. **E. de Lary de Latour** a observé la présence de noyaux accessoires dans le développement des cellules-mères du pollen de l'*Agave attenuata*. Ceux-ci ne sont donc nullement caractéristiques des hybrides.

Séance du 21 Avril 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. **R. Jonckheere** annonce l'ouverture prochaine d'un nouvel observatoire, à Hem, à 8 kilomètres au nord-est de Lille. — M. **Ch. Frémont** signale, sur le banc à étirer du XVIIe siècle conservé au Musée de Cluny, un dispositif qui lui paraît constituer l'origine des laminoirs.

2° Sciences physiques. — MM. **B. Brunhes** et **P. David** ont mesuré directement la composante verticale du magnétisme terrestre dans la chaîne des Puys, au moyen d'une boussole d'inclinaison à réglette latérale horizontale. La composante verticale augmente quand on monte, et à peu près proportionnellement à l'altitude. — M. **F. Nègre** a trouvé que, pour tous les isolateurs, la résistance d'isolement est constante jusqu'à une certaine valeur de la tension, qu'il appelle *tension critique*. La tension critique varie avec les dimensions, la forme et l'état de l'isolateur. — MM. **G. A. Hemsalech** et **C. de Watteville** ont observé le spectre du fer dans diverses flammes, en faisant éclater un arc entre des tiges de fer sur le trajet de l'un des gaz. Dans la flamme de gaz d'éclairage et d'air, on a observé un spectre supplémentaire composé d'environ 500 raies. — M. **J. A. Muller** donne une nouvelle démonstration, très simple, de la règle des phases de Gibbs, qui a, en outre, l'avantage de montrer comment un système atteint un état d'équilibre stable. — M. **J. Meunier** applique à l'éclairage par les manchons incandescents l'explication du mécanisme de la combustion sans flamme qu'il a précédemment exposée. La combustion par incandescence abaisse considérablement la limite inférieure d'inflammabilité obtenue par les flammes. — M. **P. Pascal** a constaté que les solutions limpides

Digitized by Google

de pyrophosphate ferreux dans le pyrophosphate de soude jouissent de propriétés réductrices énergiques. Elles réduisent : les sels d'Au et Ag en donnant des solutions colloïdales de ces métaux, les sels de Hg en donnant des sels mercureux ou du mercure en poudre noire, les sels de Ca en donnant des sels cuivreux ou Cu^4O.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Chauveau** montre l'unité du mécanisme de la stéréoscopie monoculaire et de la stéréoscopie binoculaire, dépendant toutes deux, de la même manière, du phénomène de la réversion et de l'extériorisation des images rétiniennes. — **M. J. Lucas-Championnière** : Le progrès de la Chirurgie moderne jugé par une statistique de résections du genou (voir p. 344). — **M. A. Laveran** a inoculé avec le *Trypanosoma dimorphon* une chèvre guérie d'une infection par le *Tr. congolense* et ayant acquis l'immunité pour cette trypanosomiase. Une infection caractérisée s'est déclarée, ce qui tend à prouver que les deux trypanosomes constituent bien des espèces distinctes. — **M. L. Bruntz** a étudié la structure des canaux excréteurs des reins du *Machilis maritima* et y a trouvé un réseau trachéen très développé et un cytoplasma très différencié. — **M. A. Brives** a découvert, dans la bordure nord de l'Atlas marocain, deux niveaux bien définis de calcaires à silex, l'un appartenant au Santonien, l'autre à l'Eocène inférieur. — **M. M. Leriche** a étudié une pièce trouvée à Anvers dans le Pliocène supérieur (Poederlien), qui n'est autre qu'une partie importante de l'appareil fanonculaire d'un *Cetorhinus*. Comme les *Cethorinus* actuels, ceux de l'époque pliocène descendaient donc des mers arctiques vers les côtes belges.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 14 Avril 1908.

M. le Président annonce le décès de **M. F. Terrier**, membre de l'Académie.

M. G. Hayem, sur 94 cas de cancer observés dans son service, en a trouvé 21 se rapportant incontestablement à l'ulcéro-cancer, soit 22,34 °/₀. Dans tous les cas, l'ulcéro-cancer était prépylorique. L'irritation locale joue donc un rôle important dans le développement du cancer de l'estomac. — **M. Kermorgant** présente un Rapport sur les maladies endémiques, épidémiques et contagieuses qui ont régné dans les colonies françaises en 1906. — **MM. G. Linossier** et **G. H. Lemoine**, sans dénier la réalité d'une action dépressive de la sécrétion gastrique exercée par le bicarbonate de soude porté au contact de la muqueuse intestinale, ne croient pas qu'elle puisse devenir fréquemment prépondérante. Leurs dernières recherches confirment leur conclusion antérieure que, en thérapeutique, le bicarbonate de soude agit toujours, quelle que soit sa dose et quel que soit le moment de l'administration, comme un excitant de la sécrétion stomacale. — **M.** le **Dr Valude** donne lecture d'un travail intitulé : Blépharoplasme et injection d'alcool. — **MM. Delbet** et **Cartier** présentent un travail ayant pour titre : Dystrophie articulaire due au bacille de la tuberculose.

Séance du 21 Avril 1908.

M. le Président annonce le décès de **M. V. Cornil**, nembre de l'Académie.

M. Chauvel présente un Rapport sur un travail du **Dr Chavasse** concernant les végétations adénoïdes chez l'homme adulte. L'auteur a constaté que les végétations adénoïdes sont beaucoup plus fréquentes qu'on ne le croit chez l'homme adulte (342 cas sur 3.000 patients environ). Elles produisent des lésions diverses de l'oreille (219 cas) et de l'obstruction nasale (122 cas), qui cèdent en général à l'ablation. — **M. Chauvel** analyse un travail du **Dr Darier**, relatif à l'action du sérum antidiphtérique dans les infections oculaires. L'auteur a obtenu d'excellents résultats, même dans les infections profondes, et il lui semble en résulter qu'un sérum préparé avec une toxine d'une virulence très élevée exerce une certaine action sur les infections moins violentes. — **M.** le **Dr Barié** lit un mémoire sur le volume du cœur chez les chlorotiques. — **M. L. Martin** donne lecture d'un travail sur les principales causes de mortalité de la diphtérie depuis la sérothérapie. — **MM. S. Bernheim** et **Dieupart** présentent une note intitulée : Raffineurs et tuberculose.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 11 Avril 1908.

M. L. Lapicque montre que les injections de cocaïne, employées par M. Pi Suner pour l'étude des localisations cérébrales, n'agissent pas simplement par suppression de fonctions, mais produisent des lésions. — **M. G. Weiss** estime que, lors de la contraction musculaire, c'est seulement quand les déchets résultant des transformations chimiques directement liées à la mise en activité du muscle l'ont encombré que l'arrivée de l'oxygène purificateur lui devient nécessaire. — **M. E. Pinoy** a observé l'existence d'un dimorphisme sexuel chez un Myxomycète, le *Didymium nigripes*. — **M. E. Pozerski** a constaté que l'injection répétée de petites doses de papaïne provoque chez le cobaye un état d'anaphylaxie non douteux. La mort survient alors rapidement. — **M. G. Bohn** a observé que les étoiles de mer des régions rocheuses de la Manche et celles des fonds sableux du bassin d'Arcachon présentent des moyens de protection très différents contre la lumière ; les premières fuient, les secondes s'immobilisent dans des positions phototropiques. — **MM. Ch. Dhéré** et **H. Maurice** décrivent une méthode de dosage du phosphore en Physiologie par incinération et pesée de l'anhydride phosphomolybdique. — **MM. F. Mesnil** et **E. Brimont** ont constaté qu'une race de trypanosomes devenue résistante à l'atoxyl peut reprendre sa sensibilité par le passage sur un nouvel hôte. — **MM. G. Roussy** et **I. Rossi** ont reconnu que, chez le singe comme chez le chien, l'ablation du cône terminal ou la section de la queue de cheval provoque des troubles très marqués, persistants et durables, de la miction et de la défécation. — **M. P. Remlinger** montre qu'il ne se produit pas d'anaphylaxie à la suite d'injections sous-cutanées de substance nerveuse chez le chien. — **MM. M. Garnier** et **L. G. Simon** ont observé que, chez les lapins soumis au refroidissement par immobilisation, le sang contient très souvent des microbes, en particulier des anaérobies : cette septicémie, toujours discrète, semble être d'origine intestinale. — **M. A. Lécaillon** a reconnu que les œufs non fécondés des oiseaux peuvent subir une segmentation spéciale, parthénogénétique ; mais les cellules qui en résultent ne tardent pas à entrer en dégénérescence. — **M. N. Fiessinger**, à l'aide du chloroforme, a réalisé expérimentalement une cirrhose biveineuse avec splénomégalie ; l'étude des altérations successives d'un même foie lui permet d'affirmer la précession de l'altération parenchymateuse sur la réaction interstitielle. — **MM. G. Barthet** et **H. Bierry** ont constaté que le suc pancréatique de chien est sans action sur le gentianose, tandis que le suc gastro-intestinal d'*Helix* ou d'*Astacus* l'hydrolyse facilement. — **MM. H. Bierry** et **J. Giaja** montrent que l'intestin sécrète de petites quantités de ferments capables d'hydrolyser les acides lactobionique et maltobionique ; ces ferments se trouvent abondamment dans le suc digestif de l'escargot. — **MM. F. Widal, P. Abrami** et **M. Brulé** ont observé un nouveau symptôme spécial aux malades atteints d'ictère hémolytique : c'est l'auto-agglutination des hématies. — **MM. M. Nonnotte** et **R. Demanche** décrivent une méthode colorimétrique de dosage de l'indol dans les cultures microbiennes. — **MM. Rappin** et **L. Fortineau** ont constaté que l'injection au cobaye tuberculeux de lait provenant d'un animal tuberculeux provoque une hyperthermie caractéristique. — **M. F. Dévé** a réalisé expérimentalement chez le lapin un kyste hydatique

Digitized by Google

pulmonaire, qui s'est rompu spontanément dans la plèvre en provoquant l'apparition d'un pneumothorax rapidement mortel. — **MM. L. Alquier** et **L. Theuveny** ont observé une diminution de la spermatogenèse et une surcharge graisseuse dans le testicule des chiens ayant une extirpation partielle de l'appareil thyro-parathyroïdien; mais ces altérations semblent plutôt en relation avec l'âge. — **MM. L. Camus** et **M. Nicloux** ont reconnu que, dans l'anesthésie par le chlorure d'éthyle, les divers tissus fixent des quantités très variables de ce corps; ce sont ceux qui contiennent le plus de graisse qui en fixent la quantité maximum. — **M. L. Camus** préconise l'emploi du chlorure d'éthyle en clinique pour l'anesthésie générale de courte durée : il est peu dangereux et l'anesthésie est lentement progressive. — **M. F. Maignon** déduit de ses expériences que les graisses ne semblent pas pouvoir se transformer en hydrates de carbone, pas plus chez les diabétiques que chez les sujets sains. — **MM. M. Weinberg** et **M. Léger** montrent que, chez les chevaux atteints de sclérostomiase, les substances hémotoxiques sécrétées par les sclérostomes pénètrent dans l'organisme, y détruisent les globules rouges, dont les produits de désintégration sont déposés par les macrophages dans la rate. — **M. H. Iscovesco** a reconnu que le sérum sanguin contient de puissantes hémolysines thermostables, dont une partie est constituée par des savons. Les lipoïdes globulaires sont des protecteurs puissants contre le pouvoir hémolytique des savons. — **MM. H. Iscovesco** et **J. Foucaud** montrent que la cholestérine a un pouvoir anti-hémolytique considérable à l'égard des savons. — **M. A. Sézary** a étudié les lésions histologiques du foie dans la syphilis secondaire; elles consistent en congestion prédominante dans les veinules portes, en infiltration et sclérose jeune des espaces portes dont les artérioles sont épaissies. — **MM. A. Mayer** et **G. Schaeffer** ont reconnu à l'ultramicroscope que les liquides de l'organisme sont des hydrogels plus ou moins fluides; les réactifs y font apparaître des granules animés de mouvements browniens. — **M. C. Fleig** a étudié l'influence de la fumée de tabac et de la nicotine sur le développement de l'organisme chez le fœtus et les jeunes.

M. A. Mayer est élu membre titulaire de la Société.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 7 Avril 1908.

M. L. Gentes a reconnu, chez la Torpille, que les plexus choroïdes développés aux dépens du velum transversum et la glande infundibulaire ne se différencient par aucun caractère important aux premiers stades de la vie embryonnaire; leur structure est identique quand le développement est terminé. — **M. G. Denigès** décrit quelques réactions différentielles de l'indol et du scatol, obtenues au moyen de la vanilline, de l'aldéhyde cinnamique et de la dyméthylaminobenzaldéhyde. — **M. Leuret** présente des sérums sanguins de nouveau-nés à l'état normal (presque incolore), dans l'ictère idiopathique (rouge-jaune) et dans l'ictère biliphéique vrai (jaune verdâtre). — **M. J. Sabrazès** a observé une action macrophagique intense sur les lymphocytes dans les ganglions et les téguments d'un lymphocytémique non traité par les rayons X. — **M. Ch. Pérez** présente ses recherches sur la rénovation épithéliale de l'intestin moyen chez les Muscides. — **M. C. Sauvageau** a constaté que, dans certaines conditions, les zoospores des sporanges pluriloculaires de *Cladostephus verticillatus* se comportent comme des éléments asexués. — Le même auteur a observé que les zoospores d'*Aglaozonia melanoidea* provenant d'une même spore donnent, par leur germination, les unes des plantes sexuées (*Cutleria*), les autres de nouvelles plantes asexuées (*Aglaozonia*). Les oosphères de *Cutleria adspersa* germent par parthénogénèse aussi bien dans la Méditerranée que dans l'Océan — **M. C. Sauvageau** donne quelques conseils sur les cultures cellulaires d'Algues. — **M. J. Kunstler** cite un nouveau cas de castration du lièvre par les lapins. — **MM. Lafite-Dupont** et **Molinier** ont observé une réaction très nette de la muqueuse nasale à la tuberculine chez les tuberculeux; cette rhino-réaction ne présente aucun des inconvénients ou des dangers de l'ophtalmo- et de la cuti-réaction.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 27 Mars 1908.

M. H. Cousin a étudié l'action du chlore sur le dithymol. Il a obtenu dans cette réaction plusieurs dérivés chlorés du dithymol : 1° le dithymol dichloré; 2° une dithymoquinone dichlorée; 3° un dichlorure de la dithymoquinone dichlorée. — **M. J. Meunier** a cherché à établir le mécanisme de la combustion par incandescence. Il rapproche d'abord l'action d'un conducteur électrique de petit diamètre, qui peut être maintenu incandescent dans un mélange gazeux explosif, et celle d'un disque incandescent qui produit la combustion dans la lampe sans flamme et conclut que ces deux phénomènes sont attribuables à la même cause : l'attraction de l'oxygène par la substance incandescente, attraction qui localise la combustion et empêche, par suite, l'explosion ou la flamme. C'est une attraction de masse, différente de l'attraction moléculaire ou de l'affinité chimique. Il est nécessaire que cette attraction se produise pour qu'une substance solide puisse brûler par ignition. D'autre part, quand la substance incandescente est inoxydable, l'attraction a lieu aussi et le mélange combustible qui l'entoure brûle à sa surface seulement. Au cours de ses expériences, M. Meunier a obtenu la lampe sans flamme au moyen d'un disque de nickel perforé; il signale une expérience curieuse qui consiste à enflammer l'excès de combustible dégagé à l'extrémité d'une tige métallique à 8 ou 10 centimètres au-dessus du disque incandescent.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 16 Janvier 1908.

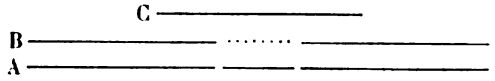
M. W. J. S. Lockyer présente ses recherches sur *les protubérances et la structure de la couronne solaire*. Il a étudié, en particulier, une photographie de la couronne présentant une série de trois arches concentriques et un semi-ovale à l'est; cette perturbation s'étendait sur 12',7 en largeur et 3',6 en hauteur. Des enveloppes de ce genre, mais moins accusées, avaient déjà été observées au cours des dernières éclipses. L'examen spectrohéliographique montre que ces enveloppes sont formées de la même substance que les protubérances. — **MM. Ch. A. Parsons** et **A. A. C. Swinton** : *Conversion du diamant en coke dans un vide élevé par les rayons cathodiques*. L'appareil employé consiste en un tube de Crookes, avec deux électrodes concaves en aluminium, qui, alimentées par un courant alternatif à haute tension, fonctionnent alternativement comme cathode et anode; les rayons cathodiques sont concentrés sur le diamant, supporté par une plaque d'iridium. En augmentant la tension du courant, le diamant devient rouge, rouge blanc, puis blanc; avec 11.200 volts et 48 milliampères, une rapide désintégration du diamant a lieu, avec une forte augmentation de volume, le résidu ayant l'apparence et la consistance du coke. La température atteinte, mesurée au pyromètre optique de Féry, est de 1890° C. — **MM. C. S. Myers** et **H. A. Wilson** communiquent leurs expériences sur la *perception de la direction du son*. Ils ont répété et complété les expériences de Lord Rayleigh, puis de More, qui ont montré que des différences de phase entre les vibrations arrivant aux deux oreilles peuvent permettre de déterminer la direction apparente du son. Les auteurs expliquent ce phénomène en supposant que la différence de phase agit en produisant une différence entre les intensités du son à l'intérieur

Digitized by Google

des oreilles; une partie du son entrant par une oreille traverse la tête et atteint l'oreille interne opposée.

Séance du 23 Janvier 1908.

M. J. S. Townsend présente ses *recherches sur les charges des ions positifs et négatifs dans les gaz.* Il opère avec un nouvel appareil, formé de deux plaques horizontales A et B, percées de deux ouvertures circulaires superposées, fermées l'une d'une fine toile métallique, l'autre d'un disque isolé. La plaque supérieure B est maintenue à un potentiel V et une troi-



sième plaque C, située au-dessus de B, est maintenue à un potentiel $V' > V$. La plaque A et le disque sont reliés alternativement à un électromètre sensible. Les ions sont engendrés entre B et C par des rayons Röntgen, et des ions positifs ou négatifs traversent la toile suivant que le potentiel de C est positif ou négatif; ils arrivent au disque et à la plaque A. Le rapport entre les deux quantités est déterminé par l'électromètre. De ses mesures, l'auteur tire la conclusion que la charge des ions positifs est exactement le double de celle des ions négatifs. Quand une molécule d'air est ionisée par les rayons Röntgen, un ion positif et deux ions négatifs sont produits, la charge du premier étant le double de celle de chacun des deux derniers. L'auteur déduit encore que la valeur du produit Ne du nombre des molécules dans 1 centimètre cube de gaz par la charge d'un ion est égal à 2.41×10^{10} pour les ions positifs et à $1,23 \times 10^{10}$ pour les ions négatifs. — **M. W. J. Sollas** : *Sur la structure intime des cristaux.* VI. *L'oxyde de titane, ses polymorphes et isomorphes.* L'auteur se base sur l'étude des volumes moléculaires pour l'explication de la structure cristalline et en particulier de la polymorphie. Il applique ces idées au cas de l'oxyde titanique Ti^2O^4, qui se présente sous les trois formes bien connues de l'anatase, de la brookite et du rutile. La molécule fondamentale de l'anatase consiste en quatre atomes d'O en contact, avec leurs centres situés aux coins d'un carré; un atome de Ti repose sur les quatre atomes d'O, son centre étant verticalement au-dessus du centre du carré; l'autre atome de Ti occupe une position corrrespondante au-dessous. En joignant les centres des atomes de Ti avec ceux des atomes d'O, on obtient une pyramide tétragonale, ressemblant à la forme caractéristique de l'anatase. La molécule fondamentale du rutile possède la même constitution, mais les atomes de Ti se sont rapprochés le long de l'axe vertical jusqu'à se toucher et les atomes d'O ont été repoussés et se sont éloignés les uns des autres, quoique leurs centres soient toujours aux coins d'un carré; la structure est toujours tétragonale. Dans la brookite, les atomes de Ti se sont rapprochés sans entrer en contact et les atomes d'O, quoique repoussés, ne sont pas également séparés et se trouvent aux coins d'un rectangle; la molécule possède une forme rhombique. — **M. T. Anderson** présente la suite de son Rapport sur les éruptions de la Soufrière de Saint-Vincent en 1902. Il a étudié les changements apportés par la dénudation aux dépôts laissés par l'éruption, les nouveaux troubles volcaniques qui ont suivi la grande éruption de 1902 et le retour de la végétation sur les aires dévastées. — **MM. N. D. Bardswell** et **J. E. Chapman** présentent leurs recherches sur *la diététique dans la tuberculose.* Ils concluent de leurs observations que les protéides végétaux, choisis comme source principale de l'absorption journalière de protéide dans un régime pour tuberculeux, sont très satisfaisants tant qu'ils sont pris en quantité suffisante. Les résultats cliniques obtenus en traitant des tuberculeux *digérant bien* par un régime sans viande de valeur nutritive adéquate sont aussi bons que ceux qu'on obtient avec le régime carné ordinaire de même valeur nutritive, et le premier régime permet de réaliser sur le second une économie de 33 %.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 Mars 1908.

M. C. V. Drysdale présente un appareil avec tube à vide pour démontrer la propagation des ondes de courant alternatif dans les câbles. Il consiste en un support en bois, soutenant une hélice d'environ six pieds de longueur, avec un tube à vide juste au-dessus et une série de 18 tubes verticaux au-dessous. En alimentant l'hélice avec un circuit à résonance à haute fréquence, des nœuds et des boucles de potentiel et de courant sont simultanément visibles dans les deux séries de tubes, et ils sont approximativement en quadrature l'un avec l'autre. — Le même auteur décrit un *perméamètre à cheville.* Un foret est employé pour percer un trou conique dans du fer fondu ou forgé, en laissant une pointe d'un dixième de pouce de diamètre au milieu du trou. Une cheville en fer forgé, portant une bobine avec enroulements magnétisant et explorateur, complète le circuit, en formant un perméamètre en miniature. Les lectures sont prises au moyen d'un ampère-mètre et d'un galvanomètre balistique par la méthode ordinaire. Après un calibrage préalable, l'instrument donne des indications exactes à 2 ou 3 % près. — Puis **M. C. V. Drysdale** lit un travail sur l'emploi des shunts et transformateurs avec les instruments de mesure pour courants alternatifs. Ces appareils sont sujets à diverses causes d'erreurs. L'auteur montre que, dans le cas des shunts, la condition d'exactitude pour toutes les fréquences est que les constantes de temps de l'instrument et du shunt soient égales. Pour les transformateurs de courant, les meilleurs résultats sont obtenus en maintenant aussi faibles que possible les courants magnétisants et ceux de perte du noyau. — Enfin, le même auteur présente une étude complète sur la théorie du wattmètre. Il estime que celle-ci est beaucoup obscurcie par l'emploi d'un facteur de correction. La correction des wattmètres doit toujours être appliquée comme une différence et non comme un rapport. L'auteur décrit ensuite quelques formes simples et doubles de wattmètre-étalon.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 28 Mars 1908.

M. W. R. Bousfield décrit une nouvelle forme de pycnomètre, pour déterminations de densité très exactes. — **M. H. R. Le Sueur**, en chauffant l'acide $\alpha\alpha'$-dihydroxyadipique fondant à 146° au-dessus de son point de fusion, a obtenu une dilactone, F. 134°. Cet acide est résoluble en deux antipodes optiques par cristallisation fractionnée de son sel de cinchonidine. L'acide $\alpha\alpha'$-dihydroxyadipique fondant à 174° donne, au-dessus de son point de fusion, une lactone-lactide; il n'est pas résoluble et doit être considéré comme la forme intérieurement compensée. — **MM. H. Hartley, B. M. Jones** et **G. A. Hutchinson** ont constaté que les solutions de sulfate de sodium soumises à la cristallisation spontanée par friction mécanique peuvent renfermer trois phases solides à des températures définies : glace, $Na^2SO^4.7H^2O$ et Na^2SO^4. La cristallisation spontanée de la quatrième phase $Na^2SO^4.10H^2O$ est plutôt rare. — **MM. C. Smith** et **A. D. Mitchell** ont fait réagir le diazométhane sur les composés *p*-hydroxyazoïques; on obtient les éthers méthyliques formés par les méthodes ordinaires d'alkylation. Dans l'action de l'acétate mercurique sur ces mêmes composés, le nombre de groupes mercuriacétiques qui entrent dans la molécule de l'hydroxyazoïque est égal au nombre de positions non substituées en ortho par rapport à l'atome d'O. — **M. Ph. W. Robertson** a préparé l'*o*-bromo-*o*-crésol et l'*o*-bromogaïacol par une méthode indirecte, en passant par les acides *p*-carboxyliques cor-

Digitized by Google

respondants. — **MM. A. E. Dixon** et **J. Taylor**, par l'examen d'un certain nombre d'acylthiocarbimides, ont constaté que le groupe — AzCS qu'elles contiennent possède la même valeur de réfraction que dans les thiocarbimides hydrocarbonées. Comme il en est de même pour le thiocyanate d'acétyle, il semble probable que le groupe — AzCS est contenu également dans les thiocyanates acyliques et les acylthiocarbimides, les vrais thiocyanates d'acyle étant encore inconnus. Les différences chimiques entre les thiocyanates d'acyle et les acylthiocarbimides sont dues, non à la diversité de constitution, mais à la résistance variable offerte par le radical acyle à sa séparation du groupe — AzCS combiné. — **M. F. D. Chattaway** a constaté que toutes les hydrazines aromatiques primaires peuvent être converties quantitativement dans les sels de diazonium correspondants soit par Cl, soit par Br. L'opération a lieu aisément en solution d'acide acétique glacial à — 15°. Il est probable que 2 H sont substitués par l'halogène, avec élimination subséquente d'acide halogéné : $C^6H^5AzH.AzH^2 \rightarrow C^6H^5AzCl.AzHCl \rightarrow C^6H^5AzCl + Az$. — **M. J. F. Spencer** et **Mlle M. Le Pla** séparent quantitativement les sels d'Ag et de Tl en traitant le mélange par un courant de Cl qui oxyde le Tl en chlorure thallique très soluble et précipite l'Ag à l'état de chlorure. — **M. P. C. Ray** a trouvé que les volumes moléculaires des nitrites de Li, Na, K, Ag et Hg sont respectivement égaux à 63,44, 63,98, 88,88, 69,16 et 83,04. Le nitrite de lithium est un sel monohydraté, tout à fait semblable aux autres nitrites alcalins. — **M. H. G. Denham**, par la méthode de circulation continue des sels d'un métal en solution sur une colonne de métal granulé correspondant, a mis en évidence l'existence d'ions cadmium monovalent, thallium sous-valent et bismuth bivalent. — **M. J. C. Cain**, en oxydant la phénylhydrazine par l'acide de Caro, a observé pendant quelques secondes une coloration vert-jaune, qu'il attribue à la formation d'une hydroxyhydrazine intermédiaire, qui se décompose immédiatement avec dégagement d'azote. — **MM. F. Chick** et **N. T. M. Wilsmore** ont constaté que le cétène gazeux est légèrement soluble dans la plupart des solvants organiques, très soluble dans l'acétone. Le cétène liquide se mélange sans réaction avec la plupart des solvants organiques. Le cétène liquide, traité par HCl liquide, fournit du chlorure d'acétyle. — **M. J. C. Cain** a préparé les *p*- et *m*-nitrosoacétanilides par oxydation des monoacétylphénylènediamines correspondantes au moyen de l'acide de Caro. Le premier existe sous deux formes, l'une verte, F. 176°, l'autre incolore, F. 180°-181°; le second, de même, possède une forme unimoléculaire, non isolable, et une forme bimoléculaire, F. 111°.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 23 Janvier 1908.

M. D. Avery : *Réduction du chlorure d'or par le charbon de bois.* L'auteur a reconnu que la réduction du chlorure d'or par le charbon de bois est due au dédoublement de la molécule d'eau avec formation de l'acide libre du sel et oxydation du charbon en anhydride carbonique, la réaction étant accélérée par le chauffage. La réaction répond à l'équation : $4AuCl^3 + 6H^2O + 3C = 4Au + 12HCl + 3CO^2$. Les gaz occlus, comme H ou CO, peuvent réduire le chlorure d'or. Une grande partie des produits de la réaction est retenue avec persistance par le charbon de bois et ne peut être enlevée par simple ébullition. — **M. J. E. S. Jones** décrit quelques nouveaux dispositifs pour laboratoires : une chambre à fumées, un appareil de filtration par le vide, un régulateur à gaz à pression constante, un appareil de combustion à courant constant.

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 18 Février 1908.

M. D. B. Dott étudie la *préparation du chloroforme au moyen de l'alcool et de l'acétone.* La première doit être représentée par l'équation : $3C^2H^6OH + 8Ca(OCl)^2 = 2CHCl^3 + 3CaCO^3 + CO^2 + 8H^2O + 5CaCl^2$; la seconde par l'équation : $2CO(CH^3)^2 + 3Ca(OCl)^2 = 2CHCl^3 + Ca(CH^3COO)^2 + 2Ca(OH)^2$. Dans le premier cas, il se forme un peu de chlorure d'éthyle. Le chlorure de carbonyle qui peut se trouver dans le chloroforme provient de la décomposition de ce dernier par l'eau. — **M. H. Ingle** répond à quelques critiques adressées à son procédé de détermination de l'indice d'iode par la solution de Wijs. — **MM. E. Wake** et **H. Ingle** ont constaté que les ortho et parapolyphénols libèrent de l'iode de la solution de Wijs, tandis que les dérivés méta ne le font pas. Cette réaction peut être employée pour déterminer si les groupes OH sont en position méta ou bien ortho ou para et pour déceler la présence d'impuretés dans les composés méta. Elle peut être également employée pour distinguer l'α du β-naphtol, le premier libérant de l'iode de la solution de Wijs, tandis que le second la rend plus claire.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 12 Février 1908.

MM. G. W. Worrall et **J. E. Southcombe** ont étudié *l'effet de la vapeur surchauffée sur les huiles hydrocarburées des cylindres.* Il n'y a pas de modification chimique de l'huile dans un cylindre recevant de la vapeur chauffée au-dessous de 400° C. Les dépôts consistent principalement en oxyde de fer, qui est formé indépendamment de l'huile. L'adhésion de l'oxyde produisant les dépôts dépend du constituant poisseux de l'huile et du degré de la distillation. L'huile est fractionnée par la vapeur, la forme du cylindre et des parties adjacentes et la température influençant la quantité de matière poisseuse qui reste en arrière.

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 Mars 1908.

M. R. J. Friswell décrit un *procédé de préparation de la p-toluidine à partir du mélange des toluidines.* Ce mélange est agité avec de la glace; il se forme un hydrate de *p*-toluidine pur, qui cristallise à basse température, et qu'on sépare au filtre-presse de la liqueur-mère, contenant de l'*o*-toluidine et encore 15 % de *p*-toluidine. Cette eau-mère est distillée à la vapeur avec de l'acide sulfurique faible, qui sépare de l'*o*-toluidine pure; il reste un résidu à 40-45 % de *p*-toluidine, qui est de nouveau traité avec de la glace. — **MM. C.-F. Cross**, **E. J. Bevan** et **J. F. Briggs** ont reconnu qu'aucun tissu de lin lavé après le traitement à l'hypochlorite ne peut être débarrassé avec certitude de chlore actif. La fixation de Cl à l'état de chlore actif est en général en proportion directe de la teneur en azote du tissu (probablement proportionnelle aux groupes aminés des constituants protéiques). Une liqueur d'hypochlorite qui a été employée sur des étoffes de lin peut contenir une forme de chloramine chlorée dissoute, qui est non seulement dépourvue d'action blanchissante, mais peut porter préjudice à l'action du bain de blanchiment. La production de chloramines aux dépens des protéines constitue une réaction générale et caractéristique, qui pourra servir à l'étude de ces corps.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 24 Janvier 1908.

M. H. A. Metz, à propos de la présentation de la médaille Perkin à M. J. B. F. Herreshoff, donne un aperçu des services rendus par les chimistes à l'industrie du goudron de houille. — **M. S. A. Tucker** présente quelques considérations sur l'application de l'électricité à la Chimie industrielle.

Digitized by Google

Séance du 21 Février 1908.

M. M. Toch a étudié l'*influence de la lumière solaire sur les peintures et vernis*. Si une feuille de métal ou de bois est recouverte d'une couche de peinture au bitume ou à l'asphalte et exposée à la lumière solaire et à l'air, la couche est rapidement décomposée; après une période de vingt jours, du carbone se dépose à l'état libre. Il en est de même des peintures à l'asphalte sur le ciment armé. — **M. E. A. Sperry** décrit un *procédé de préparation du chlorure stannique* employé comme mordant dans la teinture de la soie. Il consiste à faire réagir du chlore gazeux sur de l'étain; on obtient un tétrachlorure très pur et anhydre, qui donne aux tissus plus de lustre et assure une teinture plus uniforme.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 25 Février 1908.

M. J. T. Thompson présente ses recherches sur *la valeur des fosses septiques dans le traitement des eaux d'égout*. Les résultats sont nettement défavorables à l'emploi des fosses septiques, car l'auteur a reconnu que l'effluent d'une fosse ordinaire de décantation est aussi rapidement oxydé sur les lits de contact que l'effluent d'une fosse septique. La fosse septique présente, d'autre part, les inconvénients de coûter plus cher que les autres systèmes, de dégager des gaz, résultant de la putréfaction, qui peuvent être nuisibles au voisinage, d'être peu élastique lors d'une crue subite due à une forte pluie, de présenter des difficultés pour le traitement des boues. L'auteur a constaté, d'ailleurs, que, dans les villes un peu importantes, où les eaux d'égout traversent d'assez longues canalisations avant d'arriver aux usines de purification, les solides qu'elles renferment sont déjà très désagrégés et ont passé en grande partie en solution avant que les eaux aient subi le moindre traitement.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 21 Février 1908.

MM. J. Franck et **R. Pohl** présentent un Mémoire relatif au problème de *la vitesse des rayons X*. Les bases théoriques de la méthode de M. E. Marx (dont le résultat consisterait à démontrer l'identité de la vitesse des rayons X et de celle des rayons lumineux) seraient incapables d'expliquer les phénomènes actuellement observés, en première ligne à cause de l'ordre de grandeur des effets recherchés. M. Marx se sert d'une ampoule de Roentgen actionnée au moyen de vibrations rapides et qui, suivant une cadence correspondant à sa période, émet des rayons X, frappant, après avoir parcouru une distance donnée, une plaque de platine, laquelle, communiquant par un pont réglable avec l'excitateur d'ondes électriques, vibre synchroniquement avec l'ampoule, mais avec une différence de phase dépendant de la longueur du pont. Les électrons, c'est-à-dire les rayons cathodiques secondaires détachés de la surface du platine, se manifesteraient par la charge, dépendant de la phase au moment d'origine, d'une cage de Faraday, faisant face à la plaque de platine. Or, les auteurs font remarquer qu'une plaque de platine frappée périodiquement par des rayons X constituerait un pôle de Tesla rayonnant en décharge lumineuse. La tension du gaz et les dimensions des appareils dont ils se servent sont choisies de façon à ce que la décharge lumineuse ne soit produite que grâce à l'effet amorceur des rayons X. Une fois que cette décharge a commencé, la charge de la cage de Faraday ne dépend, quant à sa grandeur, son signe, etc., que de la grandeur du potentiel effectif se produisant sur la plaque de platine et qui, à son tour, — comme le font voir, indépendamment de tout rayonnement de Röntgen, les mesures faites au moyen de la croix thermique, — est déterminée, d'une part, par la distance de l'ampoule à rayons X et, de l'autre, par la position du contact glisseur se déplaçant sur le pont de Wheatstone. Aussi est-il possible de compenser toute modification du potentiel effectif, due à une variation de distance de l'ampoule, en déplaçant ce contact mobile. En choisissant une tension convenable du gaz au sein du réservoir et de l'ampoule, on peut déterminer les conditions dans lesquelles des rapports constants se reproduisent entre le déplacement de l'ampoule et celui du pont, dans une région assez étendue. Il n'existerait point de relation intime entre les expériences décrites par M. Marx et la vitesse des rayons X. — **M. E. Marx** adresse une Note relative à la théorie des phénomènes se passant dans les appareils destinés aux mesures de *la vitesse des rayons X*. Dans cette note, qui emprunte un intérêt particulier à la publication simultanée du Mémoire précédent, l'on démontre que l'ionisation en volume, due aux rayons X périodiques, produit, sur l'électromètre, des variations de signe dues à la phase de l'onde hertzienne de $\frac{\lambda}{2}$ = 45 centimètres, frappée par les rayons. Le zéro, dans le cas de l'action des rayons X, est dû à l'équilibre de cinq composantes et, par conséquent, se manifeste par des oscillations de l'aiguille électrométrique autour de sa position de repos. La précision remarquable des ajustages est due à l'égalité approximative des composantes et à leur accroissement en partie très rapide vers les deux phases. Pour les pressions excessives, l'on observe, dans toute l'étendue du pont, des déviations positives, et, pour des pressions trop basses, des déviations négatives. Dans le cas où c'est une phase positive qui est frappée par les rayons X, l'on doit constater des déviations faiblement positives, et dans celui d'une phase négative, des déviations fortement négatives. Pour les mesures de vitesse des rayons X, il importe surtout de savoir que l'appareil ne dépend que des paramètres essentiels, variables pendant les mesures. Dans un Mémoire spécial, l'auteur réfute les objections de MM. J. Franck et R. Pohl, dont les recherches n'auraient de commun avec sa méthode que certaines particularités secondaires, la phase de l'onde hertzienne ayant été cachée, dans la première partie, par un rayonnement d'ondes, tandis que, dans la seconde, le facteur fondamental, l'onde hertzienne, aurait été à son tour éliminé. — **M. Paul Nordmeyer** vient d'étudier les chaleurs spécifiques de plusieurs éléments et sels, entre la température de l'air liquide et la température ordinaire. Par une méthode analogue à celle des auteurs antérieurs, l'auteur vient confirmer, surtout dans le cas de l'or et du calcium, les valeurs indiquées par ses devanciers. — **MM. Karl Scheel** et **Rudolf Schmidt** présentent un Mémoire relatif au *pouvoir de réfraction de l'hélium*. Les auteurs viennent de profiter de la production, en quantités considérables, du gaz hélium, et de la méthode si commode de détermination des indices de réfraction des gaz qui a été développée à l'Institut Physicotechnique impérial, pour déterminer à nouveau le pouvoir de réfraction de ce gaz, les valeurs antérieurement trouvées par lord Rayleigh d'une part, et Ramsay et Travers de l'autre, étant loin de concorder. La méthode en question est basée sur les interférences produites entre deux surfaces planes approximativement parallèles et dont on mesure le nombre d'intervalles de franges passant à travers un repère fixe, le vide étant graduellement fait dans l'espace intermédiaire rempli du gaz en essai. La valeur de $n = 1{,}000.034.0$, constatée par l'auteur, pour l'ensemble du spectre visible, est notablement inférieure même à celle de Ramsay et Travers. — **M. Kurt Herman** a également étudié *la réfraction et la dispersion de l'hélium*, par la méthode d'interférence indiquée par Jamin et employée, plus récemment, par Rayleigh d'une part, et Ramsay et Travers de l'autre. Les valeurs constatées par l'auteur concordent presque parfaitement avec celles de MM. Scheel et Schmidt. — **MM. E. Gehrcke** et **O. Reichenheim** continuent leurs communications au sujet des *rayons anodiques*. Suivant leurs recherches anté-

Digitized by Google

rieures, les anodes salines, renfermant, comme composants principaux, les composés halogènes de certains métaux, émettent des rayons anodiques fort intenses; les iodures se montrent les plus actifs. Or, ce fait ne résulte point seulement des températures s basses de fusion et de vaporisation de ces composés, d'autres facteurs jouant à leur tour un rôle important. La présence d'un peu de vapeur d'iode favorise, par exemple, la production des rayons anodiques dits de « striction ». Tandis que l'azote se montre inactif à cet égard, l'oxygène et l'hélium donnent naissance à des rayons anodiques similaires, dont la couleur varie d'un gaz à l'autre. La forme de l'ampoule et la nature de ses parois n'exercent qu'une influence secondaire sur les phénomènes en question. Les anodes à striction présentent un gradient de potentiel très élevé. Le parallélisme, démontré par les expériences des auteurs, entre les phénomènes se produisant sur l'anode, d'une part, et la cathode, de l'autre, trouve son complément dans la projection anodique, analogue de tous points à la projection cathodique et que les auteurs réalisent au moyen d'une pile à haute tension. — **MM. H. Rubens** et **Erich Ladenburg** présentent une Note sur *le pouvoir de réflexion de l'eau*. L'absorption si considérable de l'eau, qui commence immédiatement derrière l'extrémité rouge du spectre visible, oppose un obstacle fort sérieux aux déterminations de la dispersion de ce corps dans la région des grandes longueurs d'ondes. Or, les mesures du pouvoir de réflexion permettant de constater les endroits de dispersion anomale, les auteurs ont soumis ce facteur à un examen fort soigné. Comme les rayons résiduels réalisés par une réflexion multiple du rayonnement d'un bec Auer, entre une nappe d'eau et un miroir d'argent, ne suffisent pas à étudier la réflexion anomale, les auteurs ont entrepris un examen systématique du pouvoir de réflexion de l'eau entre 1-21μ, en le comparant avec celui d'un miroir en verre argenté sur le côté avant, et en se servant, pour les différentes régions du spectre, de prismes de fluorine, de sel gemme et de sylvine. Une réflexion anomale se produit à de nombreux endroits; les trois maxima de réflexion (correspondant aux longueurs d'ondes de 3,2, 6,3 et 19,15μ respectivement) coïncident, d'une façon très approchée, avec les endroits d'absorption maxima, dans l'eau et la vapeur d'eau, étant déplacés de quelques dixièmes de μ du côté des lougueurs d'ondes croissantes. Comme la constante diélectrique de l'eau dépasse de beaucoup le carré de l'exposant de réfraction optique, et que, d'autre part, cette constante est identique pour les ondes hertziennes plus courtes (de 4 millimètres de longueur), l'eau doit présenter, entre le spectre visible et ces ondes de 4 millimètres de longueur, une dispersion anomale très forte. Or, les expériences des auteurs font voir qu'il ne convient point de calculer la dispersion anomale en la supposant réduite à un seul endroit, la dispersion dans les régions voisines du spectre visible étant déterminée en première ligne par la bande de 3,2μ. Le maximum de dispersion anomale doit, par conséquent, être intermédiaire entre l'extrémité du spectre infra-rouge et la région des ondes électriques. Des conditions similaires, bien que moins prononcées, se retrouvent dans le cas de l'alcool.

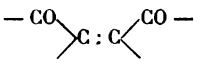
ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 19 Mars 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. A. Scheller** a déduit les temps de rotation du Soleil d'une série d'observations de déclinaison des taches solaires faites à Potsdam de 1890 à 1902. Il a reconnu que les temps de rotation présentent une période trisannuelle prononcée, avec maxima en 1891, 1894, 1897 et 1900 et minima en 1892, 1895 et 1898. Ces résultats concordent avec ceux de Halm déduits d'observations spectroscopiques.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. S. Hanzlick** a étudié la répartition dans l'espace des éléments météorologiques dans les anticyclones. Il a noté les températures des courants d'air et observé des extrêmes très prononcés. Les anticyclones européens peuvent, d'après lui, être divisés en : froids, chauds, froids qui deviennent chauds en Europe, et chauds qui deviennent très rapidement froids. Les anticyclones froids représenteraient un tourbillon anticyclonal naissant, en voie de développement, tandis que les anticyclones chauds seraient un tourbillon anticyclonal développé. — **M. P. Friedlaender** désigne sous le nom de matières colorantes indigoïdes les substances renfermant le groupement :



comme constituant de deux complexes annulaires aliphatiques ou aromatiques. Il propose une nomenclature pour ces corps et en décrit les propriétés générales. — **MM. A. P. Bezdzik** et **P. Friedlaender**, par l'action de la thionaphtènequinone sur l'indoxyle, et de l'isatine sur l'oxythionaphtènequinone, ont obtenu deux matières colorantes indigoïdes : le 3-thionaphtène-2-indolindigo et le 2-thionaphtène-3-indolindigo. Par des réactions analogues, on obtient des dérivés indigoïdes du naphtalène et de l'acénaphtène. — **MM. P. Friedlaender** et **R. Schuloff** décrivent les matières colorantes indigoïdes dérivées des polyphénols et du chlorure d'isatine.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. F. Pineles** a cherché à neutraliser l'action nuisible de l'enlèvement des corpuscules épithéliaux du corps vivant, — qui se traduit par de la tétanie, — en introduisant dans le corps la substance des corpuscules épithéliaux d'un animal différent; les résultats ont été absolument négatifs. — **M. F. Steindachner** décrit une nouvelle espèce d'*Hemiodus* de l'Amazone, l'*H. fowleri*, qui forme le passage de l'*H. gracilis* à l'*H. semitaeniatus*. — **M. V. Pietschmann** décrit deux nouveaux requins japonais, qu'il nomme *Mustelus griseus* et *Scyliorhinus rudis*. — **M. A. A. Brula** a étudié les Scorpions et Solifuges rapportés par le Dr Werner de son voyage en Egypte et au Soudan.

L. BRUNET.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Mars 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. H. G. van de Sande Bakhuyzen** : *Sur la hauteur du niveau de la mer à Amsterdam de* 1700 *à* 1860. Il y a vingt ans, l'auteur s'est occupé de la question de savoir si le sol d'Amsterdam s'est abaissé depuis 1700, en discutant les résultats du nivellement de précision. De 1700 jusqu'à 1860, on a noté, à chaque heure du jour et à chaque demi-heure de la nuit, la hauteur du niveau de l'eau sur une échelle. D'après ces notations, le sol d'Amsterdam se serait abaissé ou bien le niveau de la mer se serait élevé dans ce laps de temps d'environ 85 millimètres. Mais les notations de la hauteur de l'eau dans cinq écluses situées en différentes parties de la ville, par rapport à des pierres portant une marque, prouvent que cette différence de 85 millimètres est due à un affaissement du sol du petit édifice sur lequel se basait l'échelle. Donc, pendant un siècle et demi, le sol d'Amsterdam s'est maintenu à la même hauteur. — **M. P. H. Schoute** : *Sur les sections du réseau des polytopes de mesure* M_n *de l'espace* E_n *par un espace* E_{n-1} *perpendiculaire à une diagonale*. Pour E_4, on trouve : Si l'on veut remplir l'espace E_4 par des cellules régulières C_5 d'une même longueur d'arête et une seule espèce d'autres polytopes, on doit prendre la forme (10, 30, 30, 10) à dix sommets, trente arêtes, trente faces et dix corps limitants; si l'on admet deux espèces différentes, on doit prendre les deux formes (20, 40, 30, 10) et (30, 60, 40, 10), et l'on peut trouver, même facilement, une solution à l'aide de quatre formes complétantes. Pour E_{10}, on trouve, si par

Digitized by Google

S^k on représente la section du polytope de mesure $M_{10}^{(1)}$ d'une arête égale à l'unité par un espace E_6 perpendiculaire à une diagonale AA' en un point P pour lequel kAA' = 10AP : La section centrale du polytope de mesure $M_{10}^{(10)}$ d'une arête égale à dix unités, divisé en 10^{10} polytopes de mesure $M_{10}^{(1)}$, se compose de :

$$394.713.550\ (S_4 + S_9) + 410.820.025\ (S_5 + S_8) + 422.709.100\ (S_6 + S_7) + 430.000.150\ (S_4 + S_6) + 432.457.640\ S_5.$$

— M. J.-C. Kapteyn présente au nom de **M. W. de Sitter** : *Sur les masses et les éléments d'orbite des satellites de Jupiter et sur la masse du système.* Suite (voir *Rev. génér. des Sc.*, t. XIX, p. 339). 3. Grandes inégalités. 4. La libration. 5. Longitudes et mouvements moyens. 6. La masse du système. Déduction des masses définitives.

2° Sciences physiques. — **M. H. Kamerlingh Onnes** : *Expériences sur la condensation de l'hélium par expansion.* Dans la séance précédente, l'auteur a communiqué ce qu'il observait pendant l'expansion de l'hélium comprimé à —259°. Après avoir déterminé les isothermes de l'hélium à —252° et à —259°, ce qui fit trouver 5°K pour la température critique, l'auteur se proposa d'engendrer un brouillard dans le gaz en le comprimant au point de fusion de l'hydrogène jusqu'à cent atmosphères et en lui permettant de se détendre adiabatiquement au-dessous de la température critique. Il prit sept litres d'hélium, le purifia en le faisant passer, après combustion avec de l'oxyde de cuivre, sur du charbon à la température de l'hydrogène liquide et le comprima en un tuyau à parois épaisses, placé dans un verre à vide à hydrogène liquide et muni d'un robinet par lequel l'hélium pouvait s'échapper. L'hydrogène liquide environnant le tube fut évaporé par aspiration sous une pression très faible. Le verre à vide à hydrogène liquide fut entouré à son tour par un verre à vide à air liquide. A l'intérieur du tuyau aux parois épaisses se trouvait une petite coupe pour abriter contre la chaleur le gaz refroidi par la détente à son intérieur. Pendant l'expansion de l'hélium, il se forme un brouillard gris épais, duquel des masses solides se détachaient, voltigeant comme des masses d'ouate dans un fluide visqueux. Ces masses adhéraient aux parois, s'abaissaient en se renversant et se vaporisaient en vingt secondes; on ne remarquait pas de fusion. En tant que l'auteur put se former une idée de cette expérience, il crut probable que la matière solide était principalement de l'hélium solide. Si l'hélium passait immédiatement à l'état solide, la condensation serait plus facile — à cause de la position favorable de la courbe limitante — que la théorie de van der Waals ne le laisserait supposer. Le caractère volumineux de la masse solide s'accordait avec cette supposition. Ainsi, pendant quelque temps, l'auteur a cru, en réalité, voir de l'hélium solide se vaporisant très vite et émettre de la vapeur d'une tension d'environ 15 atmosphères. Toutefois, en continuant ses études, il s'est aperçu que les expériences doivent être expliquées d'une tout autre manière. Pour une cause inconnue, le gaz n'était pas aussi pur que les précautions très minutieuses le faisaient présumer; ainsi l'on a pu constater que le gaz contenait encore de l'hydrogène (dans la première expérience 0,45 °/₀, dans la seconde 0,37 °/₀ du volume). Donc l'explication des phénomènes observés doit être cherchée probablement dans la solution de l'hydrogène liquide dans l'hélium gazeux. Ce qui donnait l'illusion d'émission de vapeur, c'était la rentrée en solution de l'hydrogène solide dans l'hélium gazeux, etc. La conclusion de l'auteur, c'est que la condensation de l'hélium ne s'effectuera pas encore par une continuation des expériences qu'il a entreprises, à cause des grandes difficultés qui l'accompagnent. — **M. H. E. J. G. du Bois** présente en son nom et au nom de MM. **G. J. Elias** et **F. Löwe** : *Un appareil spectral monochromatique auto-collimateur à grande intensité de lumière.* Dans cet instrument, la dispersion plus grande compense presque totalement la distance quatre fois plus grande du foyer de l'auto-collimateur de MM. Fabry et Jobin. — Ensuite **M. du Bois** présente en son nom et au nom de **M. G. J. Elias** : *L'influence de la température et de la magnétisation sur les spectres d'absorption sélective.* II. Pour la première partie (voir *Rev. génér. des Sc.*, t. XIX, p. 340). Communication de quelques résultats nouveaux dus à une amélioration de l'installation cryomagnétique. — **M. J. P. van der Stok** présente au nom de **M. W. van Bemmelen** : I. *Le choc initial des perturbations magnétiques.* Dans une communication antérieure (*Rev. génér. des Sc.*, t. XVII, p. 1043) sur les perturbations magnétiques enregistrées par le magnétographe à Batavia pendant la période 1880-1899, l'auteur a fixé l'attention sur le phénomène du choc initial, se manifestant comme une variation soudaine des éléments magnétiques au commencement des orages magnétiques. Pour s'instruire sur ce point, il s'est adressé à la fin de 1906 à tous les observatoires magnétiques, les priant de lui procurer les données nécessaires. Il publie ici le résultat de ses recherches se rapportant à la propagation du mouvement sur la Terre, à son intensité verticale, à ses causes, etc. — II. *Enregistrement du courant terrestre à Batavia.* Seconde partie (voir *Rev. génér. des Sc.*, t. XIX, p. 212). Elucidation de quelques questions restées indécises : Les courants terrestres entre Semarang et Sourabaia et Semarang et Chéribon correspondent, en caractère et en intensité, avec celui entre Batavia et Chéribon. L'enregistrement fait à Semarang confirme les résultats obtenus. Les variations de courte et de longue durée de la force magnétique à Batavia et à Buitenzorg ont le même rapport d'amplitudes et ne sauraient donc pas être causées par le courant parcourant la croûte extérieure de la Terre. — **M. A. P. N. Franchimont** présente, au nom de **M. F. M. Jaeger** : *Sur les produits de substitution tri-para-halogénés du triphénylméthane et du triphénylcarbinol.* Forme des cristaux des substances suivantes, caractérisées par leurs formules chimiques et leurs points de fusion : $(C^6H^4I)^3CH$; 132° — $(C^6H^4Cl)^3C.OH$; 98° — $(C^6H^4Br)^3C.OH$; 133° — $(C^6H^4I)^3C.OH$; 155° — M. S. Hoogewerff présente au nom de **M. A. P. H. Trivelli** : *Le phénomène de la solarisation et les autres propriétés de l'image latente.* 1. La forme de l'image. 2. Explication de quelques phénomènes accessoires. 3. La polarisation de Sabatier. — **M. W. A. Julius** présente : « Energievervoer in de electronenwereld (Transport d'énergie dans le monde des électrons). — **M. J. M. van Bemmelen** présente : « Beschouwing van het tegenwoordige standpunt onzer kennis van de Nederlandsche terpen (Le point de vue actuel de notre connaissance des « terpènes » néerlandais).

3° Sciences naturelles. — **M. W. Einthoven** présente en son nom et au nom de **M. W. A. Jolly** : *Sur la réaction électrique de l'œil à des irritations de lumière de diverses intensités.* Expérience sur l'œil de grenouille isolé, à l'aide du galvanomètre à corde. Réactions des trois substances différentes. Une description détaillée des expériences paraîtra ailleurs. — **M. H. J. Hamburger** : *Une méthode d'injection froide des organes pour des buts histologiques.* L'auteur se sert de solution d'albumine ou de sérum sanguin auquel on a ajouté de l'encre fluide de Chine. — **M. S. H. Koorders** : *Contribution à la connaissance de la Flore de Java.* I. Suite. — Rapport de MM. J. A. F. Molengraaff et C. E. A. Wichman sur le mémoire de **M. J. Schmutzer** : *Les anciennes roches éruptives et les schistes amphiboliques des rivières Sébilit et Tebaoung dans le Bornéo central.* L'étude paraîtra dans les Mémoires de l'Académie. P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 10 30 MAI 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 16, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

C. Chamberland. — Chamberland (Charles-Edouard), sous-directeur de l'Institut Pasteur, membre de l'Académie de Médecine, vient de mourir, le 2 mai dernier, après quelques mois de maladie.

Comme son maître Pasteur, Chamberland était originaire de la Franche-Comté. Fils d'un instituteur, il est né à Chilly-le-Vignoble (Jura), le 12 mars 1851. Il fit ses études classiques au Lycée de Lons-le-Saunier et vint ensuite à Paris suivre le cours de Mathématiques spéciales au Collège Rollin. En 1871, Chamberland était admis à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole Normale; sur les conseils du physicien Bertin, il opta pour cette dernière. Il en sortait, en 1874, agrégé des Sciences physiques, et était nommé professeur au Lycée de Nîmes. Dès la fin de 1875, sur la recommandation de Bertin, Pasteur l'admettait dans son laboratoire en qualité d'agrégé-préparateur, puis le nommait sous-directeur en 1878. A la fondation de l'Institut Pasteur, Chamberland y entrait comme chef de service; en 1904, à la mort de Duclaux, il en devenait un des sous-directeurs.

La vie scientifique de Chamberland s'est écoulée au Laboratoire de la rue d'Ulm et à l'Institut Pasteur. Dès le début de sa carrière, il fit preuve d'une rare perspicacité scientifique et d'une remarquable rigueur expérimentale, en mettant en évidence les causes d'erreur dans les expériences du savant anglais Bastian, qui croyait avoir trouvé les conditions de la génération spontanée. Chamberland démontre que les microbes développés dans les milieux acides chauffés à 100°, puis rendus alcalins avec de la potasse stérile, ne naissent pas spontanément, mais proviennent de germes résistant à haute température et ne croissant qu'en milieux alcalins. De ces observations est sortie la technique bactériologique actuelle. C'est depuis la thèse de Doctorat ès sciences soutenue par Chamberland, en 1879, que l'on stérilise les milieux de culture par chauffage à 115°.

Tout un outillage a été imaginé par Chamberland pour stériliser le matériel de laboratoire et les milieux de culture, et pour manipuler ceux-ci à l'abri de toute contamination. L'autoclave qui porte son nom est passé du laboratoire de Bactériologie dans les services de Chirurgie et dans les stations de désinfection.

A l'esprit d'invention de Chamberland, nous devons encore la bougie filtrante en terre poreuse qui stérilise les liquides en retenant sur sa paroi les germes qu'ils renferment. Cet ingénieux appareil a joué un grand rôle dans la découverte des poisons microbiens solubles et dans l'étude des microbes ultra-microscopiques. Il est surtout connu du grand public comme filtre pour l'eau de boisson; sa diffusion a contribué à la diminution des maladies d'origine hydrique, notamment de la fièvre typhoïde.

Chamberland s'est encore préoccupé de la désinfection des locaux et des objets au moyen des antiseptiques. Pour connaître ceux qui conviennent le mieux à cet usage, il a exécuté de nombreuses expériences publiées dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

Envoyé à la Chambre des Députés aux élections de 1885, par ses compatriotes du Jura, il s'est consacré à l'étude de la loi sur la protection de la santé publique, dont il a été le rapporteur.

L'œuvre personnelle de Chamberland lui assure une belle place dans l'histoire de la Bactériologie : elle est celle d'un savant plein d'imagination et de bon sens. Elle nous fait comprendre la part qu'il a prise aux grandes découvertes accomplies au laboratoire de Pasteur de 1877 à 1886 sur l'atténuation des virus et les inoculations préventives, l'étiologie et la prophylaxie du charbon, la vaccination antirabique. Le maître tenait en particulière estime le collaborateur fidèle, à l'esprit inventif et prudent, qui était en même temps un technicien d'une grande habileté. Aussi, après la découverte de l'immunisation contre le charbon lui confia-t-il la direction du Service des vaccinations, qui a rendu de si grands services à l'agriculture du monde entier.

Charles Chamberland a été l'un des savants les plus distingués de notre temps et aussi un des plus sympathiques. Sa bonté, sa loyauté, sa bonne humeur rendaient son commerce sûr et charmant. Sa perte prématurée sera déplorée par les savants du monde entier; elle est particulièrement cruelle pour ceux qui l'ont connu personnellement.

Edouard Landrin. — L'Industrie pharmaceutique française vient de faire une grande perte en la per-

Digitized by Google

sonne d'Edouard Landrin, ancien président de la Société de Pharmacie de Paris, décédé subitement le 30 mars dernier à l'âge de 61 ans. — Professeur de Chimie au Collège Chaptal et à l'Ecole municipale J.-B. Say à Paris, et reçu Pharmacien en 1877, Landrin quitta l'enseignement à cette époque pour se consacrer exclusivement à l'industrie chimique et pharmaceutique où, sans rien perdre de son activité scientifique, il sut acquérir une éclatante notoriété. Chimiste de valeur, il alliait, à un goût très vif pour les arts, un esprit fin et cultivé.

Pendant sa laborieuse existence, il attacha son nom à de nombreux Mémoires originaux sur les sujets les plus divers, notamment sur les citrates ammoniacaux, sur l'utilisation du gombo (Malvacée) pour la fabrication du papier, sur les falsifications du poivre, sur les quinquinas et leur analyse (recherches qui font autorité en quinologie), sur l'aricine (en collaboration avec H. Moissan), sur la cuisson du plâtre et sur le durcissement des matériaux hydrauliques. — Citons encore, en collaboration avec M. Dybowski, ses récents travaux sur l'Iboga du Congo (Apocynées), où il a découvert un nouvel alcaloïde, l'ibogaïne, employé en médecine à l'état de chlorhydrate et dont les propriétés thérapeutiques se rapprochent de celles de la coca et de la kola. **Dr A. Barillé.**

§ 2. — Astronomie

Particularité des régions nébulaires dans le Ciel. — On connaît déjà un certain nombre de propriétés physiques des nébuleuses, que la photographie enregistre de plus en plus dans le ciel. Dans un travail récent, le Dr Max Wolf attire avec insistance l'attention sur l'une de ces propriétés déjà connue, mais dont l'explication lui semble très embarrassante.

La plupart de ces objets sont, en effet, au milieu d'un espace vide d'étoiles. William Herschel, le grand découvreur de nébuleuses, nous avait appris cette particularité : il ne manquait jamais, lorsqu'un vide d'étoiles se présentait dans le champ de son télescope, de dire à Caroline Herschel, qui lui servait de secrétaire : « Ma sœur, préparez vous à écrire; les étoiles se font très rares », lui annonçant ainsi la présence prochaine et presque certaine d'une nébuleuse.

Le Dr Wolf a pu étudier le phénomène d'une façon plus approfondie à l'aide de ses clichés, et sa conclusion est que ce vide n'existe que d'un seul côté de la nébuleuse; cette dernière en forme l'un des bords. Dans le vide ainsi produit, les étoiles manquent à peu près complètement, et il ne reste que de rares étoiles brillantes. Les exemples les plus connus et les plus remarquables sont la nébuleuse d'Orion et la nébuleuse América. La grande nébuleuse Monoceros et beaucoup d'autres montrent encore le même aspect.

L'étude de la nébuleuse H. IV. 74 Céphée, déjà étudiée par le Dr Roberts, a fourni à M. Wolf d'autres déductions intéressantes; non seulement on y remarque le principe dont nous avons parlé, mais dans cet objet, comme dans la nébuleuse d'Orion, se dessinent de faibles bandes de nébulosité parallèles aux bandes brillantes, ce qui semble indiquer un genre de formation ondulatoire dans la matière nébulaire. A côté de ces particularités nettement définies, le Dr Wolf énonce deux principes, aussi caractéristiques, selon lui, et se rapportant aux espaces vides voisins : 1° Les longs défilés formés par ces vides sont tous à peu près droits et nets dans le voisinage de la nébuleuse et se remplissent insensiblement d'étoiles à mesure qu'augmente la distance. 2° Le défilé, d'abord unique à l'extrémité la plus voisine de la nébuleuse, se ramifie bientôt à une distance plus ou moins variable suivant l'objet considéré.

Les théories cosmogoniques, si malaisées à établir dans le cas d'un système presque régulier comme le paraît être le système solaire, sont absolument impuissantes à fournir une explication, même lointaine, de ces genèses de mondes compliqués. **Th. M.**

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Un indicateur de vitesse. — On se trouve souvent dans la nécessité de contrôler ou de déterminer la vitesse d'un organe rotatoire, d'un point souvent éloigné de ce dernier. C'est ainsi que, dans les usines, il s'agit de trouver le nombre de tours des machines; à bord des vaisseaux, la vitesse de rotation des hélices; dans les voitures automobiles et dans les locomotives, celle des axes moteurs.

Le dispositif construit par la maison Siemens et Halske, à Berlin, utilise les courants électriques pour arriver à ce but d'une façon remarquablement simple et absolument sûre. Ce dispositif se compose d'un transmetteur et d'un récepteur. Le transmetteur est une petite dynamo à courant alternatif accouplée à l'arbre dont il s'agit de déterminer la vitesse de rotation; la construction de cette dynamo est telle que les bobines dans lesquelles on induit le courant alternatif sont fixes, la partie rotative étant formée de petits aimants disposés suivant la périphérie d'une roue. Comme cette construction ne nécessite ni balais, ni anneaux de friction, ni collecteurs, elle ne demande aucune surveillance.

L'axe de la partie rotatoire est actionné, par l'intermédiaire d'une chaîne, d'un câble ou d'un organe de transmission analogue, par l'arbre dont on cherche la vitesse de rotation.

La rotation de la partie tournante induit dans la partie fixe un courant alternatif dont la tension dépend du nombre de tours de la machine; cette tension est transmise au récepteur, constitué par un indicateur de tension de champ tournant, dont l'aiguille est déviée d'un angle proportionnel à cette tension. Le bon fonctionnement de l'aiguille est assuré par deux ressorts spiraux enroulés en sens contraire, afin de compenser l'influence de la température; l'aiguille se fixe instantanément dans sa position.

On combine facilement avec ce dispositif un indicateur de sens de course, constitué par un déclic automatique fermant un contact spécial dans le cas de la marche arrière.

Il est évident que chaque transmetteur peut être mis en relation avec un nombre quelconque de récepteurs.

§ 4. — Électrochimie

Four électrique dans les milieux gazeux aux hautes pressions. — MM. R. S. Hutton et J. E. Petavel viennent de construire un four électrique qui leur a permis d'étudier l'action des hautes températures en présence de gaz fortement comprimés (jusqu'à 200 kilogs par centimètre carré) et de réaliser toute une série d'expériences fort importantes à ce sujet.

La construction de l'appareil est facile à comprendre en se reportant à la photographie que nous devons à l'obligeance de M. Petavel (fig. 1) et au plan (fig. 2) que nous donnons d'après *Engineering*[1]. L'enveloppe extérieure est en acier, entourée d'une circulation d'eau et protégée, à l'intérieur, par une chemise de fonte facile à remplacer. Le couvercle sphérique est maintenu en place par une série de goujons (fig. 2 A).

L'ouverture E (fig. 2 B) sert à l'admission du gaz comprimé; F porte un manomètre et est utilisé pour la sortie des gaz; G peut recevoir un oculaire qui permet, le cas échéant, d'observer l'intérieur du four.

Les porte-électrodes (fig. 2 C) pénètrent dans le four aux deux extrémités. Ils sont isolés du corps de l'appareil par des revêtements en mica et des presse-étoupes, garnis d'amiante, étanches aux gaz. Un orifice central permet d'insuffler ou de prélever du gaz au centre même des électrodes.

Une première série d'expériences a porté sur la

[1] *Engineering*, 21 et 28 février 1908, p. 259 et 289 et *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series A, vol. CCVII, p. 421-462.

Digitized by Google

combustion des électrodes de charbon dans l'air sous pression à la température de l'arc.

A 29 atmosphères, l'avance atteignait 6 millimètres par minute, soit environ vingt fois l'avance à la pression normale; de plus, l'électrode positive qui, à l'air libre, se consume 3 fois plus vite que la négative, brûlait 7 fois plus vite que la négative à la pression de l'expérience.

Au contraire, des électrodes en cuivre, en fer, en aluminium même, purent être fondues en présence d'air à 100 atmosphères de pression sans oxydation sensible. Des électrodes en fer de 26 millimètres de diamètre commencèrent à brûler dans l'oxygène pur sous 15 atmosphères de pression; la combustion se continua lentement après interruption du courant et cessa quand la pression fut tombée à 5 atmosphères : l'électrode positive avait perdu 535 grammes, l'électrode négative 15 gr. seulement.

Parmi les nombreuses expériences faites, nous signalerons celles qui sont relatives à l'action de CO sur la production du carbure de calcium; elles tendent à démontrer qu'aux températures où l'on opère, la réaction :

$$CaO + 3C \rightleftarrows CaC^2 + CO$$

n'est pas réversible, même en présence de CO sous pression élevée.

Les auteurs ont étudié également la réduction directe de l'alumine par le carbone, e il semble résulter de leurs expériences que la réduction a lieu par l'action de la chaleur (indépendamment de tout effet électrolytique) à une température supérieure au point de volatilisation de l'aluminium. La difficulté consiste à limiter la production simultanée de carbure d'aluminium.

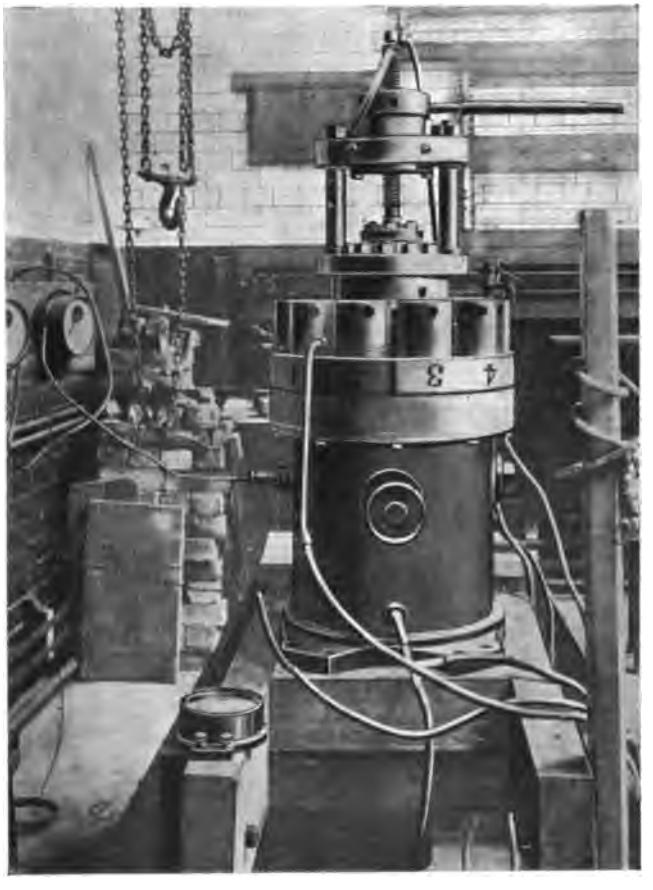


Fig. 1. — *Vue du four à haute pression dans la position verticale.*

§ 5. — Métallurgie

La production du cuivre et son marché en 1907. — Le cuivre occupe aujourd'hui le second rang parmi les métaux usuels; il vient immédiatement après le fer, auquel il est très étroitement lié et qui est devenu un des baromètres de la situation économique. Le cuivre est nécessaire dans l'industrie électrique, dans la construction des navires, dans la fabrication des machines les plus diverses et de toute une série d'objets que la mode a mis en vogue. De telle sorte que, malgré tous les efforts, l'extraction des minerais n'a pas été de pair avec cette extension de la consommation. Malgré une production passée de 420.000 tonnes, en 1897, à 732.500 tonnes, en 1906, les cours ont progressé de 1.240 francs la tonne à 2.200 francs (moyennes annuelles), et, par conséquent, la valeur de la production s'est élevée de 525 millions de francs environ à 1.600 millions; si les cours étaient demeurés à 2.650 francs (maximum atteint en mars 1907), le total eût atteint 2.100 millions.

Tableau de la production du cuivre[1] (en tonnes métriques).

	1902	1904	1906
Etats-Unis	299.000	368.600	415.000
Mexique	41.500	61.700	61.600
Espagne	50 600	47.800	50.100
Asie (Japon)	30.300	35.400	43.400
Australie	29.100	34.700	36.800
Chili	29.400	30.600	26.200
Canada	17.800	19.500	25.900
Allemagne	22.000	21.300	20.700
Russie	8.800	10.800	10.700
Autres pays	28.300	31.500	32.400
Total	556.800	661.900	722.800

Le tableau précédent montre que les Etats-Unis occupent de beaucoup le premier rang parmi les producteurs de cuivre. Ils possèdent des gisements très riches, qui semblent loin d'être épuisés, et de nouvelles mines qui entreront bientôt en exploitation et sur lesquelles on fonde les plus hautes espérances. *Anaconda, Boston and Montana, Copper Queen* et *Calumet and Hecla* sont les quatre plus importantes entreprises cuprifères du Globe, chacune avec une production dépassant ou atteignant presque 45.000 tonnes par an. 86 °/₀ de l'extraction des Etats-Unis — sensiblement la moitié de la production mondiale — viennent de trois Etats : le Montana, l'Arizona et le Michigan. Les mines du Montana sont toutes situées à Butte City, sur un espace inférieur à 260 hectares; l'Arizona semble appelé à un avenir très brillant; les mines du lac Supérieur continuent à fournir de fortes quantités de ce métal; l'Utah se développe rapidement; le Nevada tiendra, peut-être, ses belles promesses; et les districts frontières de la Sonora et de la Colombie britannique ajoutent encore à ces énormes richesses. La production des Etats-Unis représente 58 °/₀ du cuivre extrait dans le monde. Si l'on y ajoute la plus grande partie de ce que les statistiques déclarent d'origine mexicaine (excepté le *Boleo*) et d'origine canadienne et qui est vendu à eux ou par eux, on constatera que les deux tiers du cuivre passent par des mains américaines, et l'on comprendra le rôle prépondérant que jouent les Etats-Unis dans le commerce de ce métal, en particulier dans la fixation des prix.

Leur consommation, si importante qu'elle soit, est loin d'absorber leur production; suivant que les achats de l'industrie nationale diminuent ou simplement se ralentissent, les quantités à exporter varient dans une assez large mesure, et les stocks, qui s'accumulent, ne

[1] D'après les circulaires de H. R. Merton and Cᵒ, de Londres.

Digitized by Google

tardent pas à peser sur le marché. Que l'argent vienne, en outre, à manquer et les cours s'effondrent brusquement, produisant une de ces « paniques » dont nous subissons toujours la répercussion en Europe. Comme pour la plupart des marchandises de grand trafic, les cours du cuivre ne s'établissent plus guère dans les principaux ports d'importation (Liverpool, Londres, etc.), mais dans une très large mesure sur les grandes places d'exportation (New-York, la Nouvelle-Orléans, Chicago).

Tableau de la consommation du cuivre[1]
(en tonnes métriques).

	1902	1904	1906
Etats-Unis	213.400	211.400	300.000
Allemagne	102.000	136.200	151.100
Angleterre	120.000	127.900	107 600
France	53.400	56.600	65.500
Russie	26.300	31.200	26.600
Autriche-Hongrie	19.400	23.200	24.700
Autres pays	41.400	70.300	64.100
Total	575.900	656.800	739.600

D'autre part, les achats d'Europe se font directement sans recourir à des marchés intermédiaires, et l'on voit, par exemple, le commerce de l'Amérique avec l'Allemagne (viâ Rotterdam ou Hambourg) échapper de plus en plus à l'Angleterre. C'est ainsi que Londres a perdu une grande partie de son influence sur le commerce du cuivre.

La hausse des prix, qui a duré jusqu'au printemps dernier, avait des causes naturelles, qui ont favorisé, d'ailleurs, la plupart des autres matières premières. La prospérité des Etats-Unis et des autres pays industriels a eu pour conséquence une plus forte demande de cuivre. La baisse n'est survenue ni par une réduction des achats, ni par un accroissement exagéré de la production; la cause originaire doit être cherchée, comme l'a montré M. A.-E. Sayous, dans la panique qui a éclaté à la Bourse de New-York, le 14 mars 1907, et qui a notamment atteint très fortement les valeurs cuprifères. On connaît la crise à peu près générale qui a suivi et dont les Etats-Unis ne se sont pas encore relevés. Malgré la grande baisse des prix, les industriels se tiennent toujours sur l'expectative, tandis que les stocks se constituent peu à peu chez les producteurs. On ne peut guère prévoir le temps que durera cette situation, qui dépend, en fin de compte, de l'état économique général des pays industriels et, tout particulièrement, des Etats-Unis[1].

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] D'après la *Metalgesellschaft*, de Frankfort

[1] A.-E. Sayous : *Le cuivre. Sa production et son commerce au Etats-Unis. Son marché en* 1907. 1 br. Paris Larose, 1907.

§ 6. — Agronomie

Les traitements arsenicaux en Viticulture. — Les traitements arsenicaux sont actuellement en usage — au moins à titre d'essai — dans la plupart des contrées viticoles qui ont à lutter contre certains insectes, tels que la Pyrale, la Cochylis, l'Altise, l'Eudémis, etc... Ces traitements soulèvent, à divers points de vue, des objections nombreuses et présentent des inconvénients qu'une réglementation bien étudiée pourra sans doute atténuer dans une certaine mesure. Mais, avant tout, il semble nécessaire de se préoccuper du danger de l'introduction de l'arsenic dans le vin.

La présence ou l'absence de l'arsenic dans les vins provenant de vignes traitées aux arsenicaux peut seule nous indiquer si ce procédé doit être condamné ou déclaré inoffensif. Cette démonstration est moins facile à faire qu'on ne le pense généralement; elle exige des recherches faites avec soin, conduites méthodiquement et répétées dans les conditions variées de la pratique.

La présence de l'arsenic dans un vin n'est pas une

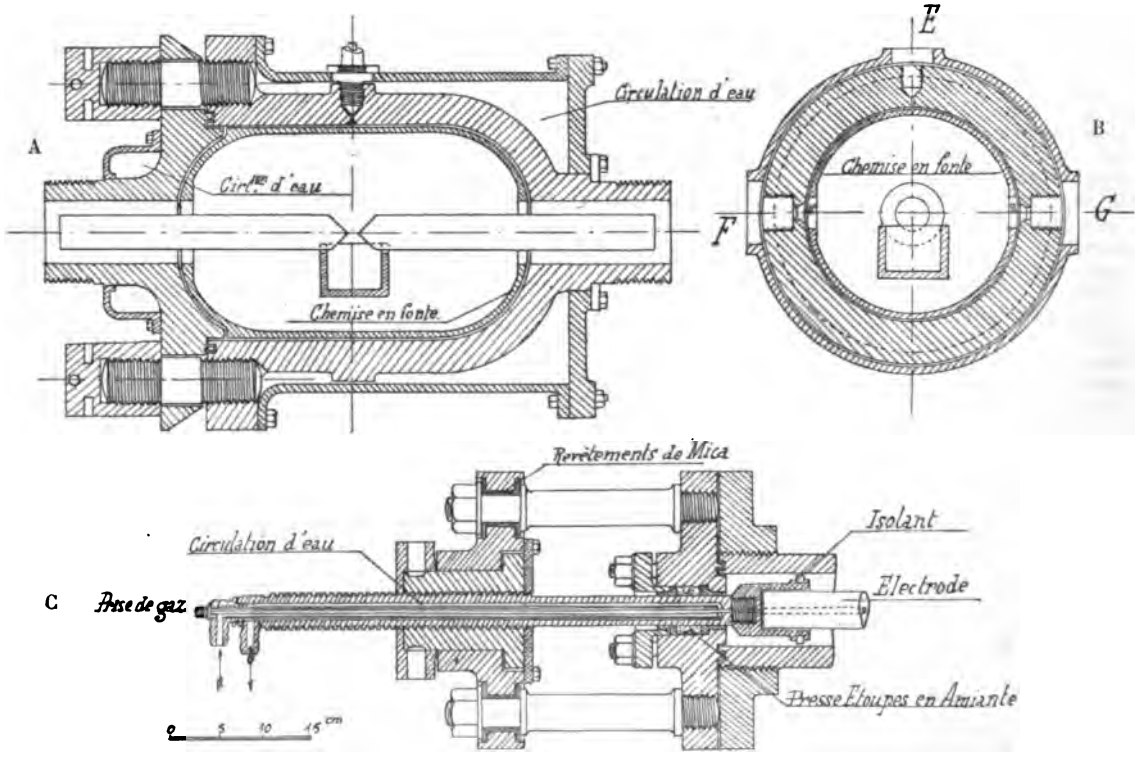


Fig. 2. — *Plan du four électrique de MM. Petavel et Hutton.* — A, coupe longitudinale; B, coupe transversale; C, vue en coupe des porte-électrodes.

Digitized by Google

preuve certaine qu'on puisse invoquer contre le traitement arsenical, quand on n'est pas certain que toutes les mesures nécessaires n'ont pas été prises pour éviter une introduction accidentelle ou malveillante de ce corps vénéneux.

L'acide sulfurique du commerce, riche en produits arsenicaux, employé pour le nettoyage des futailles ou ajouté directement à la cuve, est un véhicule d'arsenic.

En 1898, M. le Dr Trabut, dans le *Bulletin Agricole de l'Algérie et de la Tunisie*, précisait cette pratique audacieuse, formellement interdite par la loi du 11 juillet 1891 : « L'acide sulfurique pur peut avantageusement remplacer le plâtre ; mais ce produit est dangereux à manier et il est bien important de n'employer que de l'acide chimiquement pur. » (N° 17, année 1898.)

L'acide sulfurique pur, la bonne plaisanterie! Peut-on raisonnablement demander aux viticulteurs de faire la distinction? Et puis, ils ont en magasin de l'acide ordinaire, qui sert pour le traitement contre l'antrachnose et qui coûte moins cher,

Un peu plus tard, un professeur d'agriculture conseillait l'addition de superphosphate pour enrichir le vin en acide phosphorique et remplacer aussi le plâtrage. Les viticulteurs qui suivent ces... bons conseils peuvent donc introduire, inconsciemment, des quantités appréciables d'arsenic dans le vin.

La malveillance peut aussi intervenir et l'on pourrait citer plus d'un exemple de ce genre. Dans une cave, il suffit qu'une cuve soit ainsi empoisonnée pour que toutes les autres soient plus ou moins contaminées par les manipulations (ouillage, égalisage, etc...) qu'on fait subir au vin.

Enfin, les accidents dus à la négligence qui trop souvent préside aux travaux de vinification sont aussi à retenir. On a vu les ouvriers se tromper et prendre un sel d'arsenic au lieu et place d'un autre produit dont l'emploi est permis en vinification.

Quand on trouve de l'arsenic dans un vin, surtout si l'échantillon est de provenance quelconque, il faut bien se garder d'en attribuer la cause à un traitement arsenical avant d'avoir fait une enquête approfondie.

A la vérité, on ne connaît guère encore que les résultats de quelques expériences faites dans des conditions un peu spéciales et qui ne peuvent être considérés que comme des indications pour des recherches plus complètes.

Une expérience faite en 1906, dans un vignoble du Rheingau, avec de l'arséniate de plomb, a montré que des quantités notables de plomb et d'arsenic peuvent être ainsi introduites dans le moût et le vin. Mais il faut noter que la bouillie arsenicale fut répandue très tard, après la floraison, alors qu'il est prudent de cesser les traitements.

Il résulterait, en outre, de ces recherches que le plomb et l'arsenic s'élimineraient progressivement dans les lies, dans lesquelles on a trouvé des quantités importantes de ces corps.

En Suisse, dans les vins provenant de vignes traitées à l'arsénite de cuivre, on n'a trouvé que des traces d'arsenic, environ 1/50 de milligramme par litre, alors que les lies en contenaient aussi beaucoup plus. On aurait même décelé l'arsenic dans des lies provenant de vignes non traitées. Je dois ajouter que j'ai eu aussi à rechercher l'arsenic dans des vins provenant de vignes traitées et que les résultats ont été négatifs ; mais, dans ces conditions, il reste toujours un doute sur la provenance des échantillons.

Depuis 1903, j'ai essayé de faire des expériences comparatives, qui ne m'ont pas encore donné des résultats satisfaisants, parce que les viticulteurs négligent souvent de vinifier à part les raisins provenant des vignes traitées.

Il faut donc faire de nombreuses expériences un peu partout, avant de généraliser ces traitements, pour dissiper les craintes et les appréhensions légitimes des hygiénistes.

J. Dugast,
Directeur de la Station agronomique et œnologique d'Alger.

§ 7. — Enseignement

Les laboratoires scientifiques du Mont-Rose. — Les Laboratoires scientifiques du Mont-Rose, dont nous avons annoncé l'inauguration l'année dernière, commenceront à fonctionner régulièrement cette année. On sait que ces Laboratoires, installés à 3.000 mètres, sont adaptés pour des recherches de Botanique, de Bactériologie, de Zoologie, de Physiologie, de Physique terrestre et de Météorologie. La France y a droit à deux postes. Les demandes pour obtenir un poste devront être adressées avant le 1er juillet au Professeur A. Mosso (30, Corso Raffaello, à Turin), accompagnées de l'approbation du Ministre de l'Instruction publique.

Un legs à la Faculté des Sciences de Paris. — Le Conseil d'Etat vient d'autoriser M. le Vice-Recteur de l'Académie de Paris à accepter le legs de 4 millions fait à l'Université de Paris par M. Gustave-Adolphe Commercy, rentier à Paris. Ce legs est destiné à la fondation de bourses près la Faculté des Sciences et à la réalisation des mesures qui paraîtront les plus propres à concourir à l'avancement des sciences.

Personnel universitaire. — M. Béhal, professeur de Toxicologie à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris, est nommé professeur de Chimie organique à la dite Ecole.

M. Mirande, docteur ès sciences, maître de Conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Montpellier, est nommé professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. Ribemont-Dessaignes, agrégé des Facultés de Médecine, est nommé professeur de Clinique obstétricale à la Faculté de Médecine de Paris.

M. Matignon, maître de Conférences de Chimie minérale à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé professeur de Chimie minérale au Collège de France, en remplacement de M. Le Chatelier.

M. Gley, agrégé des Facultés de Médecine, assistant de la chaire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle, membre de l'Académie de Médecine, est nommé professeur de Biologie générale au Collège de France.

M. Langlois, agrégé de Physiologie, est nommé Chef des travaux pratiques de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris.

M. Pachon, agrégé des Facultés de Médecine, est nommé Chef du Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Paris.

M. Weber, agrégé près la Faculté de Médecine de Nancy, est nommé professeur d'Anatomie pathologique et Histologie à l'Ecole de Médecine d'Alger.

M. Cosserat, professeur de Calcul différentiel et intégral à la Faculté des Sciences de Toulouse, est nommé Directeur de l'Observatoire de Toulouse, en remplacement de M. Baillaud.

M. Deslandres, astronome titulaire, chargé des fonctions de Directeur-Adjoint de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon, est nommé Directeur de cet Observatoire, en remplacement de M. Janssen, décédé.

M. Pérot, directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts-et-Métiers, est nommé Physicien à l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon, et Directeur d'Etudes à l'Ecole pratique des Hautes Etudes.

M. Moniez, Recteur de l'Académie de Grenoble, est nommé Recteur de l'Académie de Caen, en remplacement de M. Zévort, décédé.

M. Petit-Dutaillis, professeur à la Faculté des Lettres de Lille, est nommé Recteur de l'Académie de Grenoble.

M. Bricard, répétiteur de Géométrie et de Stéréotomie à l'Ecole Polytechnique, est nommé professeur de Géométrie appliquée aux Arts au Conservatoire des Arts-et-Métiers.

Digitized by Google

LA DYNAMIQUE DE L'ÉLECTRON

I. — Introduction.

Les principes généraux de la Dynamique, qui ont, depuis Newton, servi de fondement à la Science physique et qui paraissaient inébranlables, sont-ils sur le point d'être abandonnés ou tout au moins d'être profondément modifiés? C'est ce que bien des personnes se demandent depuis quelques années. La découverte du radium aurait, d'après elles, renversé les dogmes scientifiques que l'on croyait les plus solides : d'une part, l'impossibilité de la transmutation des métaux; d'autre part, les postulats fondamentaux de la Mécanique. Peut-être s'est-on trop hâté de considérer ces nouveautés comme définitivement établies et de briser nos idoles d'hier; peut-être conviendrait-il, avant de prendre parti, d'attendre des expériences plus nombreuses et plus probantes. Il n'en est pas moins nécessaire, dès aujourd'hui, de connaître les doctrines nouvelles et les arguments, déjà très sérieux, sur lesquels elles s'appuient.

Rappelons d'abord en quelques mots en quoi consistent ces principes :

A. Le mouvement d'un point matériel isolé et soustrait à toute force extérieure est rectiligne et uniforme; c'est le principe d'inertie : pas d'accélération sans force;

B. L'accélération d'un point mobile a même direction que la résultante de toutes les forces auxquelles ce point est soumis; elle est égale au quotient de cette résultante par un coefficient appelé *masse* du point mobile.

La masse d'un point mobile, ainsi définie, est une constante; elle ne dépend pas de la vitesse acquise par ce point; elle est la même si la force, étant parallèle à cette vitesse, tend seulement à accélérer ou à retarder le mouvement du point, ou si, au contraire, étant perpendiculaire à cette vitesse, elle tend à faire dévier ce mouvement vers la droite, ou la gauche, c'est-à-dire à *courber* la trajectoire;

C. Toutes les forces subies par un point matériel proviennent de l'action d'autres points matériels; elles ne dépendent que des positions et des vitesses *relatives* de ces différents points matériels.

En combinant les deux principes B et C, on arrive au *principe du mouvement relatif*, en vertu duquel les lois du mouvement d'un système sont les mêmes soit que l'on rapporte ce système à des axes fixes, soit qu'on le rapporte à des axes mobiles animés d'un mouvement de translation rectiligne et uniforme, de sorte qu'il est impossible de distinguer le mouvement absolu d'un mouvement relatif par rapport à de pareils axes mobiles;

D. Si un point matériel A agit sur un autre point matériel B, le corps B réagit sur A, et ces deux actions sont deux forces égales et directement opposées. C'est *le principe de l'égalité de l'action et de la réaction*, ou, plus brièvement, le *principe de réaction*.

Les observations astronomiques, les phénomènes physiques les plus habituels, semblent avoir apporté à ces principes une confirmation complète, constante et très précise. C'est vrai, dit-on maintenant, mais c'est parce qu'on n'a jamais opéré qu'avec de faibles vitesses; Mercure, par exemple, qui est la planète la plus rapide, ne fait guère que 100 kilomètres par seconde. Cet astre se comporterait-il de la même manière, s'il allait mille fois plus vite? On voit qu'il n'y a pas encore lieu de s'inquiéter; quels que puissent être les progrès de l'automobilisme, il s'écoulera encore longtemps avant qu'on doive renoncer à appliquer à nos machines les principes classiques de la Dynamique.

Comment donc est-on parvenu à réaliser des vitesses mille fois plus grandes que celles de Mercure, égales, par exemple, au dixième et au tiers de la vitesse de la lumière, ou se rapprochant plus encore de cette vitesse? C'est à l'aide des rayons cathodiques et des rayons du radium.

On sait que le radium émet trois sortes de rayons, que l'on désigne par les trois lettres grecques α, β, γ; dans ce qui va suivre, sauf mention expresse du contraire, il s'agira toujours des rayons β, qui sont analogues aux rayons cathodiques.

Après la découverte des rayons cathodiques, deux théories se trouvèrent en présence : Crookes attribuait les phénomènes à un véritable bombardement moléculaire; Hertz, à des ondulations particulières de l'éther. C'était un renouvellement du débat qui avait divisé les physiciens il y a un siècle à propos de la lumière; Crookes reprenait la théorie de l'émission, abandonnée pour la lumière; Hertz tenait pour la théorie ondulatoire. Les faits semblent donner raison à Crookes.

On a reconnu, en premier lieu, que les rayons cathodiques transportent avec eux une charge électrique négative; ils sont déviés par un champ magnétique et par un champ électrique; et ces déviations sont précisément celles que produiraient ces mêmes champs sur des projectiles animés d'une très grande vitesse et fortement chargés d'électricité. Ces deux déviations dépendent de

Digitized by Google

deux quantités : la vitesse, d'une part, et le rapport de la charge électrique du projectile à sa masse, d'autre part; on ne peut connaître la valeur absolue de cette masse, ni celle de la charge, mais seulement leur rapport; il est clair, en effet, que, si l'on double à la fois la charge et la masse, sans changer la vitesse, on doublera la force qui tend à dévier le projectile; mais, comme sa masse est également doublée, l'accélération et la déviation observable ne seront pas changées. L'observation des deux déviations nous fournira donc deux équations pour déterminer ces deux inconnues. On trouve une vitesse de 10.000 à 30.000 kilomètres par seconde; quant au rapport de la charge à la masse, il est très grand. On peut le comparer au rapport correspondant en ce qui concerne l'ion hydrogène dans l'électrolyse; on trouve alors qu'un projectile cathodique transporte environ mille fois plus d'électricité que n'en transporterait une masse égale d'hydrogène dans un électrolyte.

Pour confirmer ces vues, il faudrait une mesure directe de cette vitesse, que l'on comparerait avec la vitesse ainsi calculée. Des expériences anciennes de J.-J. Thomson avaient donné des résultats plus de cent fois trop faibles; mais elles étaient sujettes à certaines causes d'erreur. La question a été reprise par Wiechert dans un dispositif où l'on utilise les oscillations hertziennes; on a trouvé des résultats concordant avec la théorie, au moins comme ordre de grandeur; il y aurait un grand intérêt à reprendre ces expériences. Quoi qu'il en soit, la théorie des ondulations paraît impuissante à rendre compte de cet ensemble de faits.

Les mêmes calculs, faits sur les rayons β du radium, ont donné des vitesses encore plus considérables : 100.000, 200.000 kilomètres ou plus encore. Ces vitesses dépassent de beaucoup toutes celles que nous connaissions. La lumière, il est vrai, on le sait depuis longtemps, fait 300.000 kilomètres par seconde; mais elle n'est pas un transport de matière, tandis que, si l'on adopte la théorie de l'émission pour les rayons cathodiques, il y aurait des molécules matérielles réellement animées des vitesses en question, et il convient de rechercher si les lois ordinaires de la Mécanique leur sont encore applicables.

II. — Masse longitudinale et Masse transversale.

On sait que les courants électriques donnent lieu aux phénomènes d'induction, en particulier à la *self-induction*. Quand un courant croît, il se développe une force électromotrice de self-induction qui tend à s'opposer au courant; au contraire, quand le courant décroît, la force électromotrice de self-induction tend à maintenir le courant. La self-induction s'oppose donc à toute variation de l'intensité du courant, de même qu'en Mécanique l'inertie d'un corps s'oppose à toute variation de sa vitesse. *La self-induction est une véritable inertie.* Tout se passe comme si le courant ne pouvait s'établir sans mettre en mouvement l'éther environnant et comme si l'inertie de cet éther tendait, en conséquence, à maintenir constante l'intensité de ce courant. Il faudrait vaincre cette inertie pour établir le courant, il faudrait la vaincre encore pour le faire cesser.

Un rayon cathodique, qui est une pluie de projectiles chargés d'électricité négative, peut être assimilé à un courant; sans doute, ce courant diffère, au premier abord tout au moins, des courants de conduction ordinaire, où la matière est immobile et où l'électricité circule à travers la matière. C'est un *courant de convection*, où l'électricité, attachée à un véhicule matériel, est emportée par le mouvement de ce véhicule. Mais Rowland a démontré que les courants de convection produisent les mêmes effets magnétiques que les courants de conduction; ils doivent produire aussi les mêmes effets d'induction. D'abord, s'il n'en était pas ainsi, le principe de la conservation de l'énergie serait violé; d'ailleurs, Crémieu et Pender ont employé une méthode où l'on mettait en évidence *directement* ces effets d'induction.

Si la vitesse d'un corpuscule cathodique vient à varier, l'intensité du courant correspondant variera également, et il se développera des effets de self-induction qui tendront à s'opposer à cette variation. Ces corpuscules doivent donc posséder une double inertie : leur inertie propre d'abord, et l'inertie apparente due à la self-induction qui produit les mêmes effets. Ils auront donc une masse totale apparente, composée de leur masse réelle et d'une masse fictive d'origine électromagnétique. Le calcul montre que cette masse fictive varie avec la vitesse, et que la force d'inertie de self-induction n'est pas la même quand la vitesse du projectile s'accélère ou se ralentit, ou bien quand elle est déviée; il en est donc de même de la force d'inertie apparente totale.

La masse totale apparente n'est donc pas la même quand la force réelle appliquée au corpuscule est parallèle à sa vitesse et tend à en faire varier la grandeur, et quand cette force est perpendiculaire à la vitesse et tend à en faire varier la direction. Il faut donc distinguer la *masse totale longitudinale* et la *masse totale transversale*. Ces deux masses totales dépendent, d'ailleurs, de la vitesse. Voilà ce qui résulte des travaux théoriques d'Abraham.

Dans les mesures dont nous parlions au chapitre

Digitized by Google

précédent, qu'est-ce qu'on détermine en mesurant les deux déviations? C'est la vitesse d'une part, et d'autre part le rapport de la charge à la *masse transversale totale*. Comment, dans ces conditions, faire, dans cette masse totale, la part de la masse réelle et celle de la masse fictive électromagnétique? Si l'on n'avait que les rayons cathodiques proprement dits, il n'y faudrait pas songer; mais, heureusement, on a les rayons du radium qui, nous l'avons vu, sont notablement plus rapides. Ces rayons ne sont pas tous identiques et ne se comportent pas de la même manière sous l'action d'un champ électrique et magnétique. On trouve que la déviation électrique est fonction de la déviation magnétique, et l'on peut, en recevant sur une plaque sensible des rayons du radium qui ont subi l'action des deux champs, photographier la courbe qui représente la relation entre ces deux déviations. C'est ce qu'a fait Kaufmann, qui en a déduit la relation entre la vitesse et le rapport de la charge à la masse apparente totale, rapport que nous appellerons ε.

On pourrait supposer qu'il existe plusieurs espèces de rayons, caractérisés chacun par une vitesse déterminée, par une charge déterminée et par une masse déterminée. Mais cette hypothèse est peu vraisemblable; pour quelle raison, en effet, tous les corpuscules de même masse prendraient-ils toujours la même vitesse? Il est plus naturel de supposer que la charge ainsi que la masse *réelle* sont les mêmes pour tous les projectiles, et que ceux-ci ne diffèrent que par leur vitesse. Si le rapport ε est fonction de la vitesse, ce n'est pas parce que la masse réelle varie avec cette vitesse; mais, comme la masse fictive électromagnétique dépend de cette vitesse, la masse totale apparente, seule observable, doit en dépendre, bien que la masse réelle n'en dépende pas et soit constante.

Les calculs d'Abraham nous font connaître la loi suivant laquelle la masse *fictive* varie en fonction de la vitesse; l'expérience de Kaufmann nous fait connaître la loi de variation de la masse *totale*. La comparaison de ces deux lois nous permettra donc de déterminer le rapport de la masse *réelle* à la masse totale.

Telle est la méthode dont s'est servi Kaufmann pour déterminer ce rapport. Le résultat est bien surprenant : *la masse réelle est nulle*.

On s'est trouvé ainsi conduit à des conceptions tout à fait inattendues. On a étendu à tous les corps ce qu'on n'avait démontré que pour les corpuscules cathodiques. Ce que nous appelons masse ne serait qu'une apparence; toute inertie serait d'origine électromagnétique. Mais alors la masse ne serait plus constante, elle augmenterait avec la vitesse; sensiblement constante pour des vitesses pouvant aller jusqu'à 1.000 kilomètres par seconde, elle croîtrait ensuite et deviendrait infinie pour la vitesse de la lumière. La masse transversale ne serait plus égale à la masse longitudinale : elles seraient seulement à peu près égales si la vitesse n'est pas trop grande. Le principe B de la Mécanique ne serait plus vrai.

III. — Les Rayons-Canaux.

Au point où nous en sommes, cette conclusion peut sembler prématurée. Peut-on appliquer à la matière tout entière ce qui n'a été établi que pour ces corpuscules si légers, qui ne sont qu'une émanation de la matière et peut-être pas de la vraie matière? Mais, avant d'aborder cette question, il est nécessaire de dire un mot d'une autre sorte de rayons. Je veux parler d'abord des *rayons-canaux*, les *Kanalstrahlen* de Goldstein. La cathode, en même temps que les rayons cathodiques chargés d'électricité négative, émet des rayons-canaux chargés d'électricité positive. En général, ces rayons-canaux, n'étant pas repoussés par la cathode, restent confinés dans le voisinage immédiat de cette cathode, où ils constituent la « couche chamois », qu'il n'est pas très aisé d'apercevoir; mais, si la cathode est percée de trous, et si elle obstrue presque complètement le tube, les rayons-canaux vont se propager *en arrière* de la cathode, dans le sens opposé à celui des rayons cathodiques, et il deviendra possible de les étudier. C'est ainsi qu'on a pu mettre en évidence leur charge positive et montrer que les déviations magnétiques et électriques existent encore, comme pour les rayons cathodiques, mais sont beaucoup plus faibles.

Le radium émet également des rayons analogues aux rayons-canaux, et relativement très absorbables, que l'on appelle les rayons α.

On peut, comme pour les rayons cathodiques, mesurer les deux déviations et en déduire la vitesse et le rapport ε. Les résultats sont moins constants que pour les rayons cathodiques, mais la vitesse est plus faible ainsi que le rapport ε; les corpuscules positifs sont moins chargés que les corpuscules négatifs; ou si, ce qui est plus naturel, on suppose que les charges sont égales et de signe contraire, les corpuscules positifs sont beaucoup plus gros. Ces corpuscules, chargés les uns positivement, les autres négativement, ont reçu le nom d'*électrons*.

IV. — La Théorie de Lorentz.

Mais les électrons ne manifestent pas seulement leur existence dans ces rayons où ils nous apparaissent animés de vitesses énormes. Nous allons

Digitized by Google

les voir dans des rôles bien différents, et ce sont eux qui nous rendront compte des principaux phénomènes de l'Optique et de l'Electricité. La brillante synthèse dont nous allons dire un mot est due à Lorentz.

La matière est tout entière formée d'électrons portant des charges énormes et, si elle nous semble neutre, c'est que les charges de signe contraire de ces électrons se compensent. On peut se représenter, par exemple, une sorte de système solaire formé d'un gros électron positif, autour duquel graviteraient de nombreuses petites planètes qui seraient des électrons négatifs, attirés par l'électricité de nom contraire qui charge l'électron central. Les charges négatives de ces planètes compenseraient la charge positive de ce Soleil, de sorte que la somme algébrique de toutes ces charges serait nulle.

Tous ces électrons baigneraient dans l'éther. L'éther serait partout identique à lui-même, et les perturbations s'y propageraient suivant les mêmes lois que la lumière ou les oscillations hertziennes *dans le vide*. En dehors des électrons et de l'éther, il n'y aurait rien. Quand une onde lumineuse pénétrerait dans une partie de l'éther où les électrons seraient nombreux, ces électrons se mettraient en mouvement sous l'influence de la perturbation de l'éther, et ils réagiraient ensuite sur l'éther. C'est ainsi que s'expliqueraient la réfraction, la dispersion, la double réfraction et l'absorption. De même, si un électron se mettait en mouvement pour une cause quelconque, il troublerait l'éther autour de lui et donnerait naissance à des ondes lumineuses, ce qui expliquerait l'émission de la lumière par les corps incandescents.

Dans certains corps, les métaux par exemple, nous aurions des électrons immobiles, entre lesquels circuleraient des électrons mobiles jouissant d'une entière liberté, sauf celle de sortir du corps métallique et de franchir la surface qui le sépare du vide extérieur, ou de l'air, ou de tout autre corps non métallique. Ces électrons mobiles se comportent alors, à l'intérieur du corps métallique, comme le font, d'après la théorie cinétique des gaz, les molécules d'un gaz à l'intérieur du vase où ce gaz est renfermé. Mais, sous l'influence d'une différence de potentiel, les électrons mobiles négatifs tendraient à aller tous d'un côté, et les électrons mobiles positifs de l'autre. C'est ce qui produirait les courants électriques, et *c'est pour cela que ces corps seraient conducteurs*. D'autre part, les vitesses de nos électrons seraient d'autant plus grandes que la température serait plus élevée, si nous acceptons l'assimilation avec la théorie cinétique des gaz. Quand un de ces électrons mobiles rencontrerait la surface du corps métallique, surface qu'il ne peut franchir, il se réfléchirait, comme une bille de billard qui a touché la bande, et sa vitesse subirait un brusque changement de direction. Mais, quand un électron change de direction, ainsi que nous le verrons plus loin, il devient la source d'une onde lumineuse, et c'est pour cela que les métaux chauds sont incandescents.

Dans d'autres corps, les diélectriques et les corps transparents, les électrons mobiles jouissent d'une liberté beaucoup moins grande. Ils restent comme attachés à des électrons fixes qui les attirent. Plus ils s'en éloignent, plus cette attraction devient grande et tend à les ramener en arrière. Ils ne peuvent donc subir que de petits écarts; ils ne peuvent plus circuler, mais seulement osciller autour de leur position moyenne. C'est pour cette raison que ces corps ne seraient pas conducteurs; ils seraient d'ailleurs le plus souvent transparents, et ils seraient réfringents parce que les vibrations lumineuses se communiqueraient aux électrons mobiles, susceptibles d'oscillation, et qu'il en résulterait une perturbation.

Je ne puis donner ici le détail des calculs; je me bornerai à dire que cette théorie rend compte de tous les faits connus, et qu'elle en a fait prévoir de nouveaux, tels que le phénomène de Zeeman.

V. — Conséquences mécaniques.

Maintenant, nous pouvons envisager deux hypothèses : 1° Les électrons positifs possèdent une masse réelle, beaucoup plus grande que leur masse fictive électromagnétique; les électrons négatifs sont seuls dépourvus de masse réelle. On pourrait même supposer qu'en dehors des électrons des deux signes, il y a des atomes neutres qui n'ont plus d'autre masse que leur masse réelle. Dans ce cas, la Mécanique n'est pas atteinte; nous n'avons pas besoin de toucher à ses lois; la masse réelle est constante; seulement les mouvements sont troublés par les effets de self-induction, ce qu'on a toujours su; ces perturbations sont d'ailleurs à peu près négligeables, sauf pour les électrons négatifs, qui, n'ayant pas de masse réelle, ne sont pas de la vraie matière.

2° Mais il y a un autre point de vue; on peut supposer qu'il n'y a pas d'atome neutre, et que les électrons positifs sont dépourvus de masse réelle au même titre que les électrons négatifs. Mais alors, la masse réelle s'évanouissant, ou bien le mot *masse* n'aura plus aucun sens, ou bien il faudra qu'il désigne la masse fictive électromagnétique; dans ce cas, la masse ne sera plus constante, la *masse* transversale ne sera plus égale à la masse longitudinale, les principes de la Mécanique seront renversés.

Digitized by Google

Un mot d'explication d'abord. Nous avons dit que, pour une même charge, la masse *totale* d'un électron positif est beaucoup plus grande que celle d'un électron négatif. Et alors il est naturel de penser que cette différence s'explique parce que l'électron positif a, outre sa masse fictive, une masse réelle considérable; ce qui nous ramènerait à la première hypothèse. Mais on peut admettre également que la masse réelle est nulle pour les uns comme pour les autres, mais que la masse fictive de l'électron positif est beaucoup plus grande, parce que cet électron est beaucoup plus petit. Je dis bien : beaucoup plus petit. Et, en effet, dans cette hypothèse, l'inertie est d'origine exclusivement électromagnétique; elle se réduit à l'inertie de l'éther; les électrons ne sont plus rien par eux-mêmes; ils sont seulement des trous dans l'éther, et autour desquels s'agite l'éther; plus ces trous seront petits, plus il y aura d'éther, plus par conséquent l'inertie de l'éther sera grande.

Comment décider entre ces deux hypothèses? En opérant sur les rayons-canaux comme Kaufmann l'a fait sur les rayons β? C'est impossible; la vitesse de ces rayons est beaucoup trop faible. Chacun devra-t-il donc se décider d'après son tempérament, les conservateurs allant d'un côté et les amis du nouveau de l'autre? Peut-être; mais, pour bien faire comprendre les arguments des novateurs, il faut faire intervenir d'autres considérations.

VI. — L'Aberration.

On sait en quoi consiste le phénomène de l'aberration, découvert par Bradley. La lumière émanée d'une étoile met un certain temps pour parcourir une lunette; pendant ce temps, la lunette, entraînée par le mouvement de la Terre, s'est déplacée. Si donc on braquait la lunette dans la direction *vraie* de l'étoile, l'image se formerait au point qu'occupait la croisée des fils du réticule quand la lumière a atteint l'objectif; et cette croisée ne serait plus en ce même point quand la lumière atteindrait le plan du réticule. On serait donc conduit à dépointer la lunette pour ramener l'image sur la croisée des fils. Il en résulte que l'astronome ne pointera pas la lunette dans la direction de la vitesse absolue de la lumière, c'est-à-dire sur la position vraie de l'étoile, mais bien dans la direction de la vitesse relative de la lumière par rapport à la Terre, c'est-à-dire sur ce qu'on appelle la position apparente de l'étoile. Sur la figure 1, nous avons représenté en AB la vitesse absolue de la lumière (changée de sens, puisque l'observateur est en A et l'étoile à une grande distance dans la direction AB), en BD la vitesse de la Terre, en AD la vitesse *relative* de la lumière (changée de sens); l'astronome devrait pointer son instrument dans la direction AB : il le pointe dans la direction AD.

La grandeur de AB, c'est-à-dire la vitesse de la lumière, est connue; on pourrait donc croire que nous avons le moyen de calculer BD, c'est-à-dire la vitesse *absolue* de la Terre. (Je m'expliquerai tout à l'heure sur ce mot absolu.) Il n'en est rien; nous connaissons bien la position apparente de l'étoile, c'est-à-dire la direction AD que nous observons; mais nous ne connaissons pas sa position vraie : nous ne connaissons AB qu'en grandeur et pas en direction.

Si donc la vitesse absolue de la Terre était rectiligne et uniforme, nous n'aurions jamais soupçonné le phénomène de l'aberration; mais elle est variable; elle se compose de deux parties : la vitesse du système solaire, qui est rectiligne et uniforme et que je représente en BC; la vitesse de la Terre par rapport au Soleil, qui est variable et que je représente en CD, de telle façon que la résultante soit représentée en BD.

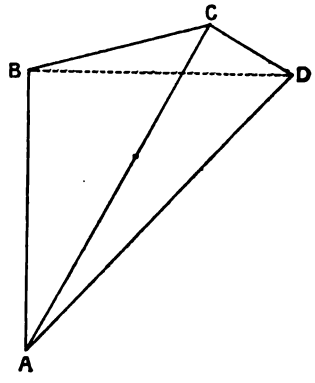


Fig. 1.

Comme BC est constant, la direction AC est invariable; elle définit la position apparente *moyenne* de l'étoile, tandis que la direction AD, qui est variable, définit la position apparente actuelle, qui décrit une petite ellipse autour de la position apparente moyenne, et c'est cette ellipse qu'on observe.

Nous connaissons CD en grandeur et en direction d'après les lois de Kepler et notre connaissance de la distance du Soleil; nous connaissons AC et AD en direction et nous pouvons, par conséquent, construire le triangle ACD; connaissant AC, nous aurons la vitesse de la lumière (représentée par AB), puisque, BC étant supposé très petit au regard de AB, AC diffère très peu de AB. La vitesse *relative* de la Terre par rapport au Soleil est seule intervenue.

Halte-là! toutefois. Nous avons regardé AC comme égal à AB; cela n'est pas rigoureux, cela n'est qu'approché; poussons l'approximation un peu plus loin. Les dimensions de l'ellipse décrite pendant une année par la position apparente d'une étoile dépendent du rapport de CD, qui est connue, à la longueur AC; l'observation nous fait donc connaître cette dernière longueur. Comparons les grands axes de l'ellipse pour les différentes étoiles : nous aurons pour chacune d'elles le moyen de

Digitized by Google

déterminer AC en grandeur et en direction. La longueur AB est constante (c'est la vitesse de la lumière), de sorte que les points B correspondant aux diverses étoiles seront tous sur une sphère de centre A. Comme BC est constant en grandeur et direction, les points C correspondant aux différentes étoiles seront tous sur une sphère de rayon AB et de centre A', le vecteur AA' étant égal et parallèle à BC. Si alors on avait pu déterminer, comme nous venons de le dire, les différents points C, on connaîtrait cette sphère, son centre A' et, par conséquent, la grandeur et la direction de la vitesse absolue BC.

On aurait donc un moyen de déterminer la vitesse absolue de la Terre; cela serait peut-être moins choquant qu'il ne semble d'abord; il ne s'agit pas, en effet, de la vitesse par rapport à un espace absolu vide, mais de la vitesse par rapport à l'éther, que l'on regarde *par définition* comme étant en repos absolu.

D'ailleurs, ce moyen est purement théorique. En effet, l'aberration est très petite; les variations possibles de l'ellipse d'aberration sont beaucoup plus petites encore, et, si nous regardons l'aberration comme du premier ordre, elles doivent donc être regardées comme du second ordre : un millième de seconde environ; elles sont absolument inappréciables pour nos instruments. Nous verrons enfin plus loin pourquoi la théorie précédente doit être rejetée, et pourquoi nous ne pourrions déterminer BC quand même nos instruments seraient dix mille fois plus précis!

On pourrait songer à un autre moyen, et l'on y a songé en effet. La vitesse de la lumière n'est pas la même dans l'eau que dans l'air; ne pourrait-on comparer les deux positions apparentes d'une étoile vue à travers une lunette tantôt pleine d'air, tantôt pleine d'eau? Les résultats ont été négatifs; les lois apparentes de la réflexion et de la réfraction ne sont pas altérées par le mouvement de la Terre. Ce phénomène comporte deux explications :

1° On pourrait supposer que l'éther n'est pas en repos, mais qu'il est entraîné par les corps en mouvement. Il ne serait pas étonnant alors que les phénomènes de réfraction ne fussent pas altérés par le mouvement de la Terre, puisque tout, prismes, lunettes et éther, est entraîné à la fois dans une même translation. Quant à l'aberration elle-même, elle s'expliquerait par une sorte de réfraction qui se produirait à la surface de séparation de l'éther en repos dans les espaces interstellaires et de l'éther entraîné par le mouvement de la Terre. C'est sur cette hypothèse (entraînement total de l'éther) qu'est fondée la *théorie de Hertz* sur l'Électrodynamique des corps en mouvement;

2° Fresnel suppose, au contraire, que l'éther est en repos absolu dans le vide, en repos presque absolu dans l'air, quelle que soit la vitesse de cet air, et qu'il est partiellement entraîné par les milieux réfringents. Lorentz a donné à cette théorie une forme plus satisfaisante. Pour lui, l'éther est en repos, les électrons seuls sont en mouvement; dans le vide, où l'éther entre seul en jeu, dans l'air, où il entre presque seul en jeu, l'entraînement est nul ou presque nul; dans les milieux réfringents, où la perturbation est produite à la fois par les vibrations de l'éther et par celles des électrons mis en branle par l'agitation de l'éther, les ondulations se trouvent *partiellement* entraînées.

Pour décider entre les deux hypothèses, nous avons l'expérience de Fizeau, qui a comparé, par des mesures de franges d'interférence, la vitesse de la lumière dans l'air en repos ou en mouvement, ainsi que dans l'eau en repos ou en mouvement. Ces expériences ont confirmé l'hypothèse de l'entraînement partiel de Fresnel. Elles ont été reprises avec le même résultat par Michelson. *La théorie de Hertz doit donc être rejetée.*

VII. — Le Principe de Relativité.

Mais si l'éther n'est pas entraîné par le mouvement de la Terre, est-il possible de mettre en évidence, par le moyen des phénomènes optiques, la vitesse absolue de la Terre, ou plutôt sa vitesse par rapport à l'éther immobile? L'expérience a répondu négativement, et cependant on a varié les procédés expérimentaux de toutes les manières possibles. Quel que soit le moyen qu'on emploie, on ne pourra jamais déceler que des vitesses relatives, j'entends les vitesses de certains corps matériels par rapport à d'autres corps matériels. En effet, si la source de lumière et les appareils d'observation sont sur la Terre et participent à son mouvement, les résultats expérimentaux ont toujours été les mêmes, quelle que soit l'orientation de l'appareil par rapport à la direction du mouvement orbital de la Terre. Si l'aberration astronomique se produit, c'est que la source, qui est une étoile, est en mouvement par rapport à l'observateur.

Les hypothèses faites jusqu'ici rendent parfaitement compte de ce résultat général, *si l'on néglige les quantités très petites de l'ordre du carré de l'aberration.* L'explication s'appuie sur la notion du *temps local*, que je vais chercher à faire comprendre, et qui a été introduite par Lorentz. Supposons deux observateurs, placés l'un en A, l'autre en B, et voulant régler leurs montres par le moyen de signaux optiques. Ils conviennent que B enverra un signal à A quand sa montre marquera une heure déterminée, et A remet sa montre à l'heure au moment où il aperçoit le signal. Si l'on opérait seulement

Digitized by Google

de la sorte, il y aurait une erreur systématique, car comme la lumière met un certain temps t pour aller de B en A, la montre de A va retarder d'un temps t sur celle de B. Cette erreur est aisée à corriger. Il suffit de croiser les signaux. Il faut que A envoie à son tour des signaux à B; et, après ce nouveau réglage, ce sera la montre de B qui retardera d'un temps t sur celle de A. Il suffira alors de prendre la moyenne arithmétique entre les deux réglages.

Mais cette façon d'opérer suppose que la lumière met le même temps pour aller de A en B et pour revenir de B en A. Cela est vrai si les observateurs sont immobiles; cela ne l'est plus s'ils sont entraînés dans une translation commune, parce qu'alors A, par exemple, ira au-devant de la lumière qui vient de B, tandis que B fuira devant la lumière qui vient de A. Si donc les observateurs sont entraînés dans une translation commune et s'ils ne s'en doutent pas, leur réglage sera défectueux; leurs montres n'indiqueront pas le même temps; chacune d'elles indiquera le *temps local*, convenant au point où elle se trouve.

Les deux observateurs n'auront aucun moyen de s'en apercevoir, si l'éther immobile ne peut leur transmettre que des signaux lumineux, marchant tous avec la même vitesse, et si les autres signaux qu'ils pourraient s'envoyer leur sont transmis par des milieux entraînés avec eux dans leur translation. Le phénomène que chacun d'eux observera sera soit en avance, soit en retard; il ne se produira pas au même moment que si la translation n'existait pas; mais, comme on l'observera avec une montre mal réglée, on ne s'en apercevra pas et les apparences ne seront pas altérées.

Il résulte de là que la compensation est facile à expliquer tant qu'on néglige le carré de l'aberration, et longtemps les expériences ont été trop peu précises pour qu'il y eût lieu d'en tenir compte. Mais un jour Michelson a imaginé un procédé beaucoup plus délicat: il a fait interférer des rayons qui avaient parcouru des trajets différents après s'être réfléchis sur des miroirs; chacun des trajets approchant d'un mètre et les franges d'interférence permettant d'apprécier des différences d'une fraction de millième de millimètre, on ne pouvait plus négliger le carré de l'aberration, et *cependant les résultats furent encore négatifs*. La théorie demandait donc à être complétée, et elle l'a été par *l'hypothèse de Lorentz et Fitz-Gerald*.

Ces deux physiciens supposent que tous les corps entraînés dans une translation subissent une contraction dans le sens de cette translation, tandis que leurs dimensions perpendiculaires à cette translation demeurent invariables. *Cette contraction est la même pour tous les corps*; elle est d'ailleurs très faible, d'environ un deux cent millionième pour une vitesse comme celle de la Terre. Nos instruments de mesure ne pourraient d'ailleurs la déceler, même s'ils étaient beaucoup plus précis; les mètres avec lesquels nous mesurons subissent, en effet, la même contraction que les objets à mesurer. Si un corps s'applique exactement sur le mètre, quand on oriente le corps et, par conséquent, le mètre dans le sens du mouvement de la Terre, il ne cessera pas de s'appliquer exactement sur le mètre dans une autre orientation, et cela bien que le corps et le mètre aient changé de longueur en même temps que d'orientation, et précisément parce que le changement est le même pour l'un et pour l'autre. Mais il n'en est pas de même si nous mesurons une longueur non plus avec un mètre, mais par le temps que la lumière met à la parcourir, et c'est précisément ce qu'a fait Michelson.

Un corps sphérique, lorsqu'il est en repos, prendra ainsi la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati lorsqu'il sera en mouvement; mais l'observateur le croira toujours sphérique, parce qu'il a subi lui-même une déformation analogue, ainsi que tous les objets qui lui servent de points de repère. Au contraire, les surfaces d'ondes de la lumière, qui sont restées rigoureusement sphériques, lui paraîtront des ellipsoïdes allongés.

Que va-t-il se passer alors? Supposons un observateur et une source entraînés ensemble dans la translation : les surfaces d'onde émanées de la source seront des sphères ayant pour centres les positions successives de la source; la distance de ce centre à la position actuelle de la source sera proportionnelle au temps écoulé depuis l'émission, c'est-à-dire au rayon de la sphère. Toutes ces sphères seront donc homothétiques l'une de l'autre, par rapport à la position actuelle S de la source. Mais, pour notre observateur, à cause de la contraction, toutes ces sphères paraîtront des ellipsoïdes allongés; et tous ces ellipsoïdes seront encore homothétiques par rapport au point S; l'excentricité de tous ces ellipsoïdes est la même et dépend seulement de la vitesse de la Terre. *Nous choisirons la loi de contraction, de façon que le point S soit au foyer de la section méridienne de l'ellipsoïde.*

Comment allons-nous faire alors, pour évaluer le temps que met la lumière pour aller de B en A? Je représente en A et en B (fig. 2) les positions *apparentes* de ces deux points. Je construis un ellipsoïde semblable aux ellipsoïdes des ondes que nous venons de définir et ayant son grand axe dans la direction du mouvement de la Terre. Je construis cet ellipsoïde de façon qu'il passe par B et ait son foyer en A.

D'après une propriété bien connue de l'ellipsoïde, on a une relation entre la distance apparente

Digitized by Google

AB des deux points et sa projection AB′; cette relation est :

$$AB + e.\ AB' = OQ\sqrt{1 - e^2}.$$

Mais le demi-petit axe de l'ellipsoïde, qui en est la dimension inaltérée, est égal à Vt, V étant la vitesse de la lumière et t la durée de transmission; d'où :

$$AB + e.\ AB' = Vt\sqrt{1 - e^2}.$$

L'excentricité e est une constante ne dépendant que de la vitesse de la Terre; nous avons donc une relation linéaire entre AB, AB′ et t. Mais AB′ est la différence des abscisses des points A et B. Supposons que la différence entre le temps vrai et le

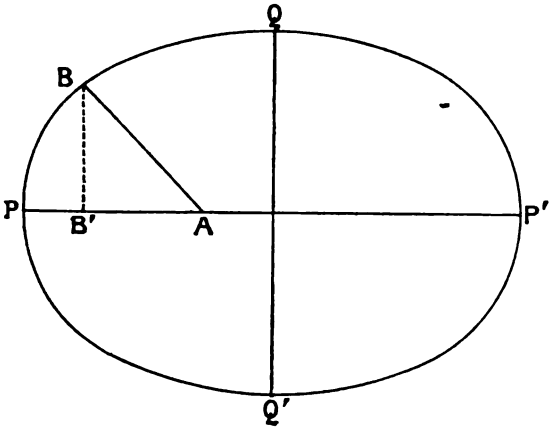


Fig. 2.

temps local en un point quelconque soit égale à l'abscisse de ce point multipliée par la constante :

$$\frac{e}{V\sqrt{1 - e^2}};$$

la durée *apparente* de transmission sera :

$$\tau = t - AB' \frac{e}{V\sqrt{1 - e^2}}$$

d'où :

$$AB = Vt\sqrt{1 - e^2};$$

C'est-à-dire que la durée *apparente* de transmission est proportionnelle à la distance *apparente*. Cette fois, la compensation est *rigoureuse*, et c'est ce qui explique l'expérience de Michelson.

J'ai dit plus haut que, d'après les théories ordinaires, les observations de l'aberration astronomique pourraient nous faire connaître la vitesse absolue de la Terre, si nos instruments étaient mille fois plus précis. Il me faut modifier cette conclusion. Oui, les angles observés seraient modifiés par l'effet de cette vitesse absolue, mais les cercles divisés dont nous nous servons pour mesurer les angles seraient déformés par la translation : ils deviendraient des ellipses; il en résulterait une erreur sur l'angle mesuré, et *cette seconde erreur compenserait exactement la première*.

Cette hypothèse de Lorentz et Fitz-Gerald paraîtra au premier abord fort extraordinaire; tout ce que nous pouvons dire pour le moment en sa faveur, c'est qu'elle n'est que la traduction immédiate du résultat expérimental de Michelson, si l'on *définit* les longueurs par les temps que la lumière met à les parcourir.

Quoi qu'il en soit, il est impossible d'échapper à cette impression que le principe de relativité est une loi générale de la Nature, qu'on ne pourra jamais par aucun moyen imaginable mettre en évidence que des vitesses relatives, et j'entends par là non pas seulement les vitesses des corps par rapport à l'éther, mais les vitesses des corps les uns par rapport aux autres. Trop d'expériences diverses ont donné des résultats concordants pour qu'on ne se sente pas tenté d'attribuer à ce principe de relativité une valeur comparable à celle du principe d'équivalence, par exemple. Il convient, en tout cas, de voir à quelles conséquences nous conduirait cette façon de voir et de soumettre ensuite ces conséquences au contrôle de l'expérience.

VIII. — Le Principe de Réaction.

Voyons ce que devient, dans la théorie de Lorentz, le principe de l'égalité de l'action et de la réaction. Voilà un électron A qui entre en mouvement pour une cause quelconque; il produit une perturbation dans l'éther; au bout d'un certain temps, cette perturbation atteint un autre électron B, qui sera dérangé de sa position d'équilibre. Dans ces conditions, il ne peut y avoir égalité entre l'action et la réaction, au moins si l'on ne considère pas l'éther, mais seulement les électrons *qui sont seuls observables*, puisque notre matière est formée d'électrons.

En effet, c'est l'électron A qui a dérangé l'électron B; alors même que l'électron B réagirait sur A, cette réaction pourrait être égale à l'action, mais elle ne saurait, en aucun cas, être simultanée, puisque l'électron B ne pourrait entrer en mouvement qu'après un certain temps, nécessaire pour la propagation. Si l'on soumet le problème à un calcul plus précis, on arrive au résultat suivant : Supposons un excitateur de Hertz placé au foyer d'un miroir parabolique auquel il est lié mécaniquement; cet excitateur émet des ondes électromagnétiques, et le miroir renvoie toutes ces ondes dans la même direction; l'excitateur va donc rayonner de l'énergie dans une direction déterminée. Eh bien, le calcul montre que *l'excitateur va reculer* comme un canon qui a envoyé un projectile. Dans le cas du canon, le recul est le résultat

Digitized by Google

naturel de l'égalité de l'action et de la réaction. Le canon recule, parce que le projectile sur lequel il a agi réagit sur lui.

Mais ici, il n'en est plus de même. Ce que nous avons envoyé au loin, ce n'est plus un projectile matériel : c'est de l'énergie, et l'énergie n'a pas de masse; il n'y a pas de contre-partie. Et, au lieu d'un excitateur, nous aurions pu considérer tout simplement une lampe avec un réflecteur concentrant ses rayons dans une seule direction.

Il est vrai que, si l'énergie émanée de l'excitateur ou de la lampe vient à atteindre un objet matériel, cet objet va subir une poussée mécanique comme s'il avait été atteint par un projectile véritable, et cette poussée sera égale au recul de l'excitateur et de la lampe, s'il ne s'est pas perdu d'énergie en route et si l'objet absorbe cette énergie en totalité. On serait donc tenté de dire qu'il y a encore compensation entre l'action et la réaction. Mais cette compensation, alors même qu'elle est complète, est toujours retardée. Elle ne se produit jamais si la lumière, après avoir quitté la source, erre dans les espaces interstellaires sans jamais rencontrer un corps matériel; elle est incomplète, si le corps qu'elle frappe n'est pas parfaitement absorbant.

Ces actions mécaniques sont-elles trop petites pour être mesurées, ou bien sont-elles accessibles à l'expérience? Ces actions ne sont autre chose que celles qui sont dues aux pressions *Maxwell-Bartholi*; Maxwell avait prévu ces pressions par des calculs relatifs à l'Électrostatique et au Magnétisme; Bartholi était arrivé au même résultat par des considérations de Thermodynamique.

C'est de cette façon que s'expliquent les *queues des comètes*. De petites particules se détachent du noyau de la comète; elles sont frappées par la lumière du Soleil, qui les repousse comme ferait une pluie de projectiles venant du Soleil. La masse de ces particules est tellement petite que cette répulsion l'emporte sur l'attraction newtonienne; elles vont donc former les queues en s'éloignant du Soleil.

La vérification expérimentale directe n'était pas aisée à obtenir. La première tentative a conduit à la construction du *radiomètre*. Mais cet appareil *tourne à l'envers*, dans le sens opposé au sens théorique, et l'explication de sa rotation, découverte depuis, est toute différente. On a réussi enfin, en poussant plus loin le vide d'une part, et d'autre part en ne noircissant pas l'une des faces des palettes et dirigeant un faisceau lumineux sur l'une des faces. Les effets radiométriques et les autres causes perturbatrices sont éliminés par une série de précautions minutieuses, et l'on obtient une déviation qui est fort petite, mais qui est, paraît-il, conforme à la théorie.

Les mêmes effets de la pression Maxwell-Bartholi sont prévus également par la théorie de Hertz, dont nous avons parlé plus haut, et par celle de Lorentz. Mais il y a une différence. Supposons que l'énergie, sous forme de lumière par exemple, aille d'une source lumineuse à un corps quelconque à travers un milieu transparent. La pression de Maxwell-Bartholi agira, non seulement sur la source au départ, et sur le corps éclairé à l'arrivée, mais sur la matière du milieu transparent qu'elle traverse. Au moment où l'onde lumineuse atteindra une région nouvelle de ce milieu, cette pression poussera en avant la matière qui s'y trouve répandue et la ramènera en arrière quand l'onde quittera cette région. De sorte que le recul de la source a pour contre-partie la marche en avant de la matière transparente qui est au contact de cette source; un peu plus tard, le recul de cette même matière a pour contre-partie la marche en avant de la matière transparente qui se trouve un peu plus loin, et ainsi de suite.

Seulement la compensation est-elle parfaite? L'action de la pression Maxwell-Bartholi sur la matière du milieu transparent est-elle égale à sa réaction sur la source, et cela quelle que soit cette matière? Ou bien cette action est-elle d'autant plus petite que le milieu est moins réfringent et plus raréfié, pour devenir nulle dans le vide? Si l'on admettait la théorie de Hertz, qui regarde la matière comme mécaniquement liée à l'éther, de façon que l'éther soit entraîné entièrement par la matière, il faudrait répondre oui à la première question et non à la seconde.

Il y aurait alors compensation parfaite, comme l'exige le principe de l'égalité de l'action et de la réaction, même dans les milieux les moins réfringents, même dans l'air, même dans le vide interplanétaire, où il suffirait de supposer un reste de matière, si subtile qu'elle soit. Si l'on admet, au contraire, la théorie de Lorentz, la compensation, toujours imparfaite, est insensible dans l'air et devient nulle dans le vide.

Mais nous avons vu plus haut que l'expérience de Fizeau ne permet pas de conserver la théorie de Hertz; il faut donc adopter la théorie de Lorentz et, par conséquent *renoncer au principe de réaction*.

IX. — Conséquences du Principe de Relativité.

Nous avons vu plus haut les raisons qui portent à regarder le Principe de Relativité comme une loi générale de la Nature. Voyons à quelles conséquences nous conduirait ce principe, si nous le regardions comme définitivement démontré.

D'abord il nous oblige à généraliser l'hypothèse de Lorentz et Fitz-Gerald sur la contraction de

Digitized by Google

tous les corps dans le sens de la translation. En particulier, nous devrons étendre cette hypothèse aux électrons eux-mêmes. Abraham considérait ces électrons comme sphériques et indéformables; il nous faudra admettre que ces électrons, sphériques quand ils sont au repos, subissent la contraction de Lorentz quand ils sont en mouvement et prennent alors la forme d'ellipsoïdes aplatis.

Cette déformation des électrons va influer sur leurs propriétés mécaniques. En effet, j'ai dit que le déplacement de ces électrons chargés est un véritable courant de convection et que leur inertie apparente est due à la self-induction de ce courant : exclusivement en ce qui concerne les électrons négatifs; exclusivement ou non, nous n'en savons rien encore, pour les électrons positifs. Eh bien, la déformation des électrons, déformation qui dépend de leur vitesse, va modifier la distribution de l'électricité à leur surface, par conséquent l'intensité du courant de convection qu'ils produisent, par conséquent les lois suivant lesquelles la self-induction de ce courant variera en fonction de la vitesse.

A ce prix, la compensation sera parfaite et conforme aux exigences du Principe de Relativité, mais cela à deux conditions :

1° Que les électrons positifs n'aient pas de masse réelle, mais seulement une masse fictive électromagnétique; ou tout au moins que leur masse réelle, si elle existe, ne soit pas constante et varie avec la vitesse suivant les mêmes lois que leur masse fictive;

2° Que toutes les forces soient d'origine électromagnétique, ou tout au moins qu'elles varient avec la vitesse suivant les mêmes lois que les forces d'origine électromagnétique.

C'est encore Lorentz qui a fait cette remarquable synthèse; arrêtons-nous-y un instant et voyons ce qui en découle. D'abord, il n'y a plus de matière, puisque les électrons positifs n'ont plus de masse réelle, ou tout au moins plus de masse réelle constante. Les principes actuels de notre Mécanique, fondés sur la constance de la masse, doivent donc être modifiés.

Ensuite, il faut chercher une explication électromagnétique de toutes les forces connues, en particulier de la gravitation, ou tout au moins modifier la loi de la gravitation de telle façon que cette force soit altérée par la vitesse de la même façon que les forces électromagnétiques. Nous reviendrons sur ce point.

Tout cela paraît, au premier abord, un peu artificiel. En particulier, cette déformation des électrons semble bien hypothétique. Mais on peut présenter la chose autrement, de façon à éviter de mettre cette hypothèse de la déformation à la base du raisonnement. Considérons les électrons comme des points matériels et demandons-nous comment doit varier leur masse en fonction de la vitesse pour ne pas contrevenir au principe de relativité. Ou, plutôt encore demandons-nous quelle doit être leur accélération sous l'influence d'un champ électrique ou magnétique, pour que ce principe ne soit pas violé et qu'on retombe sur les lois ordinaires en supposant la vitesse très faible. Nous trouverons que les variations de cette masse, ou de ces accélérations, doivent se passer *comme si* l'électron subissait la déformation de Lorentz.

X. — L'Expérience de Kaufmann.

Nous voilà donc en présence de deux théories : l'une où les électrons sont indéformables, c'est celle d'Abraham; l'autre où ils subissent la déformation de Lorentz. Dans les deux cas, leur masse croît avec la vitesse, pour devenir infinie quand cette vitesse devient égale à celle de la lumière; mais la loi de la variation n'est pas la même. La méthode employée par Kaufmann pour mettre en évidence la loi de variation de la masse semble donc nous donner un moyen expérimental de décider entre les deux théories.

Malheureusement, ses premières expériences n'étaient pas assez précises pour cela; aussi a-t-il cru devoir les reprendre avec plus de précautions, et en mesurant avec grand soin l'intensité des champs. Sous leur nouvelle forme, *elles ont donné raison à la théorie d'Abraham*. Le Principe de Relativité n'aurait donc pas la valeur rigoureuse qu'on était tenté de lui attribuer; on n'aurait plus aucune raison de croire que les électrons positifs sont dénués de masse réelle comme les électrons négatifs.

Toutefois, avant d'adopter définitivement cette conclusion, un peu de réflexion est nécessaire. La question est d'une telle importance qu'il serait à désirer que l'expérience de Kaufmann fût reprise par un autre expérimentateur. Malheureusement, cette expérience est fort délicate et ne pourra être menée à bien que par un physicien de la même habileté que Kaufmann. Toutes les précautions ont été convenablement prises et l'on ne voit pas bien quelle objection on pourrait faire.

Il y a cependant un point sur lequel je désirerais attirer l'attention : c'est sur la mesure du champ électrostatique, mesure d'où tout dépend. Ce champ était produit entre les deux armatures d'un condensateur; et, entre ces armatures, on avait dû faire un vide extrêmement parfait, afin d'obtenir un isolement complet. On a mesuré alors la différence de potentiel des deux armatures, et l'on a obtenu le champ en divisant cette différence par la distance

Digitized by Google

des armatures. Cela suppose que le champ est uniforme; cela est-il certain? Ne peut-il se faire qu'il y ait une chute brusque de potentiel dans le voisinage d'une des armatures, de l'armature négative, par exemple? Il peut y avoir une différence de potentiel au contact entre le métal et le vide, et il peut se faire que cette différence ne soit pas la même du côté positif et du côté négatif; ce qui me porterait à le croire, ce sont les effets de soupape électrique entre mercure et vide. Quelque faible que soit la probabilité pour qu'il en soit ainsi, il semble qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

XI. — Le Principe d'Inertie.

Dans la nouvelle Dynamique, le Principe d'Inertie est encore vrai, c'est-à-dire qu'un électron *isolé* aura un mouvement rectiligne et uniforme. Du moins, on s'accorde généralement à l'admettre; cependant, Lindemann a fait des objections à cette façon de voir; je ne veux pas prendre parti dans cette discussion, que je ne puis exposer ici à cause de son caractère trop ardu. Il suffirait en tout cas de légères modifications à la théorie pour se mettre à l'abri des objections de Lindemann.

On sait qu'un corps plongé dans un fluide éprouve, quand il est en mouvement, une résistance considérable, mais c'est parce que nos fluides sont visqueux; dans un fluide idéal, parfaitement dépourvu de viscosité, le corps agiterait derrière lui une poupe liquide, une sorte de sillage; au départ, il faudrait un grand effort pour le mettre en mouvement, puisqu'il faudrait ébranler non seulement le corps lui-même, mais le liquide de son sillage. Mais, une fois le mouvement acquis, il se perpétuerait sans résistance, puisque le corps, en s'avançant, transporterait simplement avec lui la perturbation du liquide, sans que la force vive totale de ce liquide augmentât. Tout se passerait donc comme si son inertie était augmentée. Un électron s'avançant dans l'éther se comporterait de la même manière: autour de lui, l'éther serait agité, mais cette perturbation accompagnerait le corps dans son mouvement; de sorte que, pour un observateur entraîné avec l'électron, les champs électrique et magnétique qui accompagnent cet électron paraîtraient invariables, et ne pourraient changer que si la vitesse de l'électron venait à varier. Il faudrait donc un effort pour mettre l'électron en mouvement, puisqu'il faudrait créer l'énergie de ces champs; au contraire, une fois le mouvement acquis, aucun effort ne serait nécessaire pour le maintenir, puisque l'énergie créée n'aurait plus qu'à se transporter derrière l'électron comme un sillage. Cette énergie ne peut donc qu'augmenter l'inertie de l'électron, comme l'agitation du liquide augmente celle du corps plongé dans un fluide parfait. Et même les électrons négatifs, tout au moins, n'ont pas d'autre inertie que celle-là.

Dans l'hypothèse de Lorentz, la force vive, qui n'est autre que l'énergie de l'éther, n'est pas proportionnelle à v^2, mais à:

$$\frac{V-\sqrt{V^2-v^2}}{\sqrt{V^2-v^2}},$$

V représentant la vitesse de la lumière; la quantité de mouvement n'est plus proportionnelle à v, mais à:

$$\frac{v}{\sqrt{V^2-v^2}};$$

la masse transversale est en raison inverse de $\sqrt{V^2-v^2}$, et la masse longitudinale en raison inverse du cube de cette quantité.

On voit que, si v est très faible, la force vive est sensiblement proportionnelle à v^2, la quantité de mouvement sensiblement proportionnelle à v, les deux masses sensiblement constantes et égales entre elles. Mais, *quand la vitesse tend vers la vitesse de la lumière, la force vive, la quantité de mouvement et les deux masses croissent au delà de toute limite.*

Dans l'hypothèse d'Abraham, les expressions sont un peu plus compliquées: mais ce que nous venons de dire subsiste dans ses traits essentiels.

Ainsi la masse, la quantité de mouvement, la force vive deviennent infinis quand la vitesse est égale à celle de la lumière. Il en résulte qu'*aucun corps ne pourra atteindre par aucun moyen une vitesse supérieure à celle de la lumière.* Et, en effet, à mesure que sa vitesse croît, sa masse croît, de sorte que son inertie oppose à tout nouvel accroissement de vitesse un obstacle de plus en plus grand.

Les auteurs qui ont écrit sur la Dynamique de l'Electron parlent, il est vrai, des corps qui vont plus vite que la lumière; mais c'est pour se demander comment se comporterait un corps dont la vitesse *initiale* serait plus grande que celle de la lumière, qui aurait, par conséquent, déjà franchi la limite, avant qu'on s'occupât de lui; ce n'est pas pour nous dire par quels moyens il pourrait franchir cette limite.

Une question se pose alors: admettons le Principe de Relativité; un observateur en mouvement ne doit pas avoir le moyen de s'apercevoir de son propre mouvement. Si donc aucun corps dans son mouvement absolu ne peut dépasser la vitesse de la lumière, mais peut en approcher autant qu'on veut, il doit en être de même en ce qui concerne son mouvement relatif par rapport à notre observateur. Et alors on pourrait être tenté de raisonner comme il suit: L'observateur peut atteindre une

Digitized by Google

vitesse de 200.000 kilomètres; le corps, dans son mouvement relatif par rapport à l'observateur, peut atteindre la même vitesse; sa vitesse absolue sera alors de 400.000 kilomètres, ce qui est impossible, puisque c'est un chiffre supérieur à la vitesse de la lumière.

C'est qu'il faut tenir compte de la façon dont il convient d'évaluer les vitesses relatives; il faut les compter non avec le temps vrai, mais avec le temps *local*. Soient A et B deux points invariablement liés à l'observateur; soit t et $t+h$ les moments où le corps passe en A et en B, moments évalués en temps vrais; soient αt et $\alpha\ (t+h)$ ces mêmes moments évalués en temps local de A; soient $\alpha\ (t+\varepsilon)$ et $\alpha\,(t+h+\varepsilon)$ ces mêmes moments évalués en temps local de B. Si l'on évaluait la durée du parcours en temps vrai, cette durée serait donc h et la vitesse relative $\frac{AB}{h}$; mais nous devons l'évaluer en temps local, c'est-à-dire noter l'instant du passage en A en temps local de A, et celui du passage en B en temps local de B, de sorte que la durée du parcours sera $\alpha\ (\varepsilon+h)$ et la vitesse relative :

$$\frac{AB}{\alpha\,(\varepsilon+h)}.$$

Et c'est ainsi que se fait la compensation.

XII. — L'Onde d'Accélération.

Quand un électron est en mouvement, il produit dans l'éther qui l'entoure une perturbation; si son mouvement est rectiligne et uniforme, cette perturbation se réduit au sillage dont nous avons parlé au chapitre précédent. Mais il n'en est plus de même si le mouvement est curviligne ou varié. La perturbation peut alors être regardée comme la superposition de deux autres, auxquelles Langevin a donné les noms d'*onde de vitesse* et d'*onde d'accélération*.

L'onde de vitesse n'est autre chose que le sillage qui se produit dans le mouvement uniforme. Je précise : soit M un point quelconque de l'éther, envisagé à un instant t; soit P la position qu'occupait l'électron à un instant antérieur $t-h$, de telle sorte que h soit précisément le temps que la lumière mettrait pour aller de P en M. Soit v la vitesse qu'avait l'électron à cet instant $t-h$. Eh bien, si nous n'envisageons que l'onde de vitesse, la perturbation au point M sera la même que si l'électron avait continué sa route depuis l'instant $t-h$, en conservant la vitesse v et avec un mouvement rectiligne et uniforme.

Quant à l'onde d'accélération, c'est une perturbation tout à fait analogue aux ondes lumineuses, qui part de l'électron au moment où il subit une accélération, et qui se propage ensuite par ondes sphériques successives avec la vitesse de la lumière.

D'où cette conséquence : dans un mouvement rectiligne et uniforme, l'énergie se conserve intégralement; mais, dès qu'il y a une accélération, il y a perte d'énergie, qui se dissipe sous forme d'ondes lumineuses et s'en va à l'infini à travers l'éther.

Toutefois, les effets de cette onde d'accélération, en particulier la perte d'énergie correspondante, sont négligeables dans la plupart des cas, c'est-à-dire non seulement dans la Mécanique ordinaire et dans les mouvements des corps célestes, mais même dans les rayons du radium, où la vitesse est très grande sans que l'accélération le soit. On peut alors se borner à appliquer les lois de la Mécanique, en écrivant que la force est égale au produit de l'accélération par la masse, cette masse, toutefois, variant avec la vitesse d'après les lois exposées plus haut. On dit alors que le mouvement est *quasi-stationnaire*.

Il n'en serait plus de même dans tous les cas où l'accélération est grande, et dont les principaux sont les suivants : 1° Dans les gaz incandescents, certains électrons prennent un mouvement oscillatoire de très haute fréquence; les déplacements sont très petits, les vitesses sont finies, et les accélérations très grandes; l'énergie se communique alors à l'éther, et c'est pour cela que ces gaz rayonnent de la lumière de même période que les oscillations de l'électron; 2° Inversement, quand un gaz reçoit de la lumière, ces mêmes électrons sont mis en branle avec de fortes accélérations et ils absorbent de la lumière; 3° Dans l'excitateur de Hertz, les électrons qui circulent dans la masse métallique subissent, au moment de la décharge, une brusque accélération et prennent ensuite un mouvement oscillatoire de haute fréquence. Il en résulte qu'une partie de l'énergie rayonne sous formes d'ondes hertziennes; 4° Dans un métal incandescent, les électrons enfermés dans ce métal sont animés de grandes vitesses; en arrivant à la surface du métal, qu'ils ne peuvent franchir, ils se réfléchissent et subissent ainsi une accélération considérable. C'est pour cela que le métal émet de la lumière. C'est ce que j'ai déjà expliqué au chapitre IV. Les détails des lois de l'émission de la lumière par les corps noirs sont parfaitement expliqués par cette hypothèse; 5° Enfin, quand les rayons cathodiques viennent frapper l'anticathode, les électrons négatifs qui constituent ces rayons, et qui sont animés de très grandes vitesses, sont brusquement arrêtés. Par suite de l'accélération qu'ils subissent ainsi, ils produisent des ondulations dans l'éther. Ce serait là, d'après certains physiciens, l'origine des rayons Röntgen, qui ne seraient autre chose que des rayons lumineux de très courte longueur d'onde.

Digitized by Google

XIII. — La Gravitation.

La masse peut être définie de deux manières : 1° par le quotient de la force par l'accélération; c'est la véritable définition de la masse, qui mesure l'inertie du corps; 2° par l'attraction qu'exerce le corps sur un corps extérieur, en vertu de la loi de Newton. Nous devons donc distinguer la masse coefficient d'inertie, et la masse coefficient d'attraction. D'après la loi de Newton, il y a proportionnalité rigoureuse entre ces deux coefficients. Mais cela n'est démontré que pour les vitesses auxquelles les principes généraux de la Dynamique sont applicables. Maintenant, nous avons vu que la masse coefficient d'inertie croît avec la vitesse; devons-nous conclure que la masse coefficient d'attraction croît également avec la vitesse et reste proportionnelle au coefficient d'inertie, ou, au contraire, que ce coefficient d'attraction demeure constant? C'est là une question que nous n'avons aucun moyen de décider.

D'autre part, si le coefficient d'attraction dépend de la vitesse, comme les vitesses des deux corps qui s'attirent mutuellement ne sont généralement par les mêmes, comment ce coefficient dépendra-t-il de ces deux vitesses?

Nous ne pouvons faire à ce sujet que des hypothèses, mais nous sommes naturellement amenés à rechercher quelles seraient celles de ces hypothèses qui seraient compatibles avec le Principe de Relativité. Il y en a un grand nombre; la seule dont je parlerai ici est celle de Lorentz, que je vais exposer brièvement.

Considérons d'abord des électrons en repos. Deux électrons de même signe se repoussent et deux électrons de signe contraire s'attirent; dans la théorie ordinaire, leurs actions mutuelles sont proportionnelles à leurs charges électriques; si donc nous avons quatre électrons, deux positifs A et A′, et deux négatifs B et B′, et que les charges de ces quatre électrons soient les mêmes, en valeur absolue, la répulsion de A sur A′ sera, à la même distance, égale à la répulsion de B sur B′, et égale encore à l'attraction de A sur B′, ou de A′ sur B. Si donc A et B sont très près l'un de l'autre, de même que A′ et B′, et que nous examinions l'action du système A + B sur le système A′ + B′, nous aurons deux répulsions et deux attractions qui se compenseront exactement et l'action résultante sera nulle.

Or, les molécules matérielles doivent précisément être regardées comme des espèces de systèmes solaires où circulent des électrons, les uns positifs, les autres négatifs, et *de telle façon que la somme algébrique de toutes les charges soit nulle.* Une molécule matérielle est donc de tout point assimilable au système A + B dont nous venons de parler, de sorte que l'action électrique totale de deux molécules l'une sur l'autre devrait être nulle.

Mais l'expérience nous montre que ces molécules s'attirent par suite de la gravitation newtonienne; et alors on peut faire deux hypothèses : on peut supposer que la gravitation n'a aucun rapport avec les attractions électrostatiques, qu'elle est due à une cause entièrement différente, et qu'elle vient simplement s'y superposer; ou bien on peut admettre qu'il n'y a pas proportionnalité des attractions aux charges et que l'attraction exercée par une charge + 1 sur une charge — 1 est plus grande que la répulsion mutuelle de deux charges + 1, ou que celle de deux charges — 1.

En d'autres termes, le champ électrique produit par les électrons positifs et celui que produisent les électrons négatifs se superposeraient en restant distincts. Les électrons positifs seraient plus sensibles au champ produit par les électrons négatifs qu'au champ produit par les électrons positifs; ce serait le contraire pour les électrons négatifs. Il est clair que cette hypothèse complique un peu l'Electrostatique, mais qu'elle y fait rentrer la gravitation. C'était, en somme, l'hypothèse de Franklin.

Qu'arrive-t-il maintenant si les électrons sont en mouvement? Les électrons positifs vont engendrer une perturbation dans l'éther et y feront naître un champ électrique et un champ magnétique. Il en sera de même pour les électrons négatifs. Les électrons, tant positifs que négatifs, subiront ensuite une impulsion mécanique par l'action de ces différents champs. Dans la théorie ordinaire, le champ électromagnétique, dû au mouvement des électrons positifs, exerce, sur deux électrons de signe contraire et de même charge absolue, des actions égales et de signe contraire. On peut alors sans inconvénient ne pas distinguer le champ dû au mouvement des électrons positifs et le champ dû au mouvement des électrons négatifs et ne considérer que la somme algébrique de ces deux champs, c'est-à-dire le résultant.

Dans la nouvelle théorie, au contraire, l'action sur les électrons positifs du champ électromagnétique dû aux électrons positifs se fait d'après les lois ordinaires; il en est de même de l'action sur les électrons négatifs du champ dû aux électrons négatifs. Considérons maintenant l'action du champ dû aux électrons positifs sur les électrons négatifs (ou inversement); elle suivra encore les mêmes lois, mais *avec un coefficient différent.* Chaque électron est plus sensible au champ créé par les électrons de nom contraire qu'au champ créé par les électrons de même nom.

Telle est l'hypothèse de Lorentz, qui se réduit à l'hypothèse de Franklin aux faibles vitesses; elle rendra donc compte, pour ces faibles vitesses, de la

Digitized by Google

loi de Newton. De plus, comme la gravitation se ramène à des forces d'origine électrodynamique, la théorie générale de Lorentz s'y appliquera, et par conséquent le Principe de la Relativité ne sera pas violé.

On voit que la loi de Newton n'est plus applicable aux grandes vitesses et qu'elle doit être modifiée, pour les corps en mouvement, précisément de la même manière que les lois de l'Electrostatique pour l'électricité en mouvement.

On sait que les perturbations électromagnétiques se propagent avec la vitesse de la lumière. On sera donc tenté de rejeter la théorie précédente, en rappelant que la gravitation se propage, d'après les calculs de Laplace, au moins dix millions de fois plus vite que la lumière, et que, par conséquent, elle ne peut être d'origine électrodynamique. Le résultat de Laplace est bien connu, mais on en ignore généralement la signification. Laplace supposait que, si la propagation de la gravitation n'est pas instantanée, sa vitesse de propagation se combine avec celle du corps attiré, comme cela se passe pour la lumière dans le phénomène de l'aberration astronomique, de telle façon que la force effective n'est pas dirigée suivant la droite qui joint les deux corps, mais fait avec cette droite un petit angle. C'est là une hypothèse toute particulière, assez mal justifiée, et en tout cas entièrement différente de celle de Lorentz. Le résultat de Laplace ne prouve rien contre la théorie de Lorentz.

XIV. — Comparaison avec les Observations astronomiques.

Les théories précédentes sont-elles conciliables avec les observations astronomiques? Tout d'abord, si on les adopte, l'énergie des mouvements planétaires sera constamment dissipée par l'effet de l'*onde d'accélération*. Il en résulterait que les moyens mouvements des astres iraient constamment en s'accélérant, comme si ces astres se mouvaient dans un milieu résistant. Mais cet effet est excessivement faible, beaucoup trop pour être décelé par les observations les plus précises. L'accélération des corps célestes est relativement faible, de sorte que les effets de l'onde d'accélération sont négligeables et que le mouvement peut être regardé comme *quasi-stationnaire*. Il est vrai que les effets de l'onde d'accélération vont constamment en s'accumulant, mais cette accumulation elle-même est si lente qu'il faudrait bien des milliers d'années d'observation pour qu'elle devînt sensible.

Faisons donc le calcul en considérant le mouvement comme quasi-stationnaire, et cela dans les trois hypothèses suivantes :

A. Admettons l'hypothèse d'Abraham (électrons indéformables) et conservons la loi de Newton sous sa forme habituelle;

B. Admettons l'hypothèse de Lorentz sur la déformation des électrons et conservons la loi de Newton habituelle;

C. Admettons l'hypothèse de Lorentz sur les électrons et modifions la loi de Newton, comme nous l'avons fait au chapitre XIII, de façon à la rendre compatible avec le Principe de Relativité.

C'est dans le mouvement de Mercure que l'effet sera le plus sensible, parce que cette planète est celle qui possède la plus grande vitesse. Tisserand avait fait un calcul analogue autrefois, en admettant la loi de Weber; je rappelle que Weber avait cherché à expliquer à la fois les phénomènes électrostatiques et électrodynamiques en supposant que les électrons (dont le nom n'était pas encore inventé) exercent les uns sur les autres des attractions et des répulsions dirigées suivant la droite qui les joint, et dépendant non seulement de leurs distances, mais des dérivées premières et secondes de ces distances, par conséquent de leurs vitesses et de leurs accélérations. Cette loi de Weber, assez différente de celles qui tendent à prévaloir aujourd'hui, n'en présente pas moins avec elles une certaine analogie.

Tisserand a trouvé que, si l'attraction newtonienne se faisait conformément à la loi de Weber, il en résulterait pour le périhélie de Mercure une variation séculaire de 14″, *de même sens que celle qui a été observée et n'a pu être expliquée*, mais plus petite, puisque celle-ci est de 38″.

Revenons aux hypothèses A, B et C, et étudions d'abord le mouvement d'une planète attirée par un centre fixe. Les hypothèses B et C ne se distinguent plus alors, puisque, si le point attirant est fixe, le champ qu'il produit est un champ purement électrostatique, où l'attraction varie en raison inverse du carré des distances, conformément à la loi électrostatique de Coulomb, identique à celle de Newton.

L'équation des forces vives subsiste, en prenant pour la force vive la définition nouvelle; de même, l'équation des aires est remplacée par une autre équivalente; le moment de la quantité de mouvement est une constante, mais la quantité de mouvement doit être définie comme on le fait dans la nouvelle Dynamique.

Le seul effet sensible sera un mouvement séculaire du périhélie. Avec la théorie de Lorentz, on trouvera pour ce mouvement la moitié de ce que donnait la loi de Weber; avec la théorie d'Abraham, les deux cinquièmes.

Si l'on suppose maintenant deux corps mobiles gravitant autour de leur centre de gravité commun, les effets sont très peu différents, quoique les

Digitized by Google

calculs soient un peu plus compliqués. Le mouvement du périhélie de Mercure serait donc de 7″ dans la théorie de Lorentz et de 5″,6 dans celle d'Abraham.

L'effet est d'ailleurs proportionnel à n^3a^2, n étant le moyen mouvement de l'astre et a le rayon de son orbite. Pour les planètes, en vertu de la loi de Képler, l'effet varie donc en raison inverse de $\sqrt{a^5}$; il est donc insensible, sauf pour Mercure.

Il est insensible également pour la Lune, bien que n soit grand, parce que a est extrêmement petit; en somme, il est cinq fois plus petit pour Vénus, et six cents fois plus petit pour la Lune que pour Mercure. Ajoutons qu'en ce qui concerne Vénus et la Terre, le mouvement du périhélie (pour une même vitesse angulaire de ce mouvement) serait beaucoup plus difficile à déceler par les observations astronomiques, parce que l'excentricité des orbites est beaucoup plus faible que pour Mercure.

En résumé, *le seul effet sensible sur les observations astronomiques serait un mouvement du périhélie de Mercure, de même sens que celui qui a été observé sans être expliqué, mais notablement plus faible.*

Cela ne peut pas être regardé comme un argument en faveur de la nouvelle Dynamique, puisqu'il faudra toujours chercher une autre explication pour la plus grande partie de l'anomalie de Mercure; mais cela peut encore moins être regardé comme un argument contre elle.

XV. — La Théorie de Lesage.

Il convient de rapprocher ces considérations d'une théorie proposée depuis longtemps pour expliquer la gravitation universelle. Supposons que, dans les espaces interplanétaires, circulent dans tous les sens, avec de très grandes vitesses, des corpuscules très ténus. Un corps isolé dans l'espace ne sera pas affecté en apparence par les chocs de ces corpuscules, puisque ces chocs se répartissent également dans toutes les directions. Mais, si deux corps A et B sont en présence, le corps B jouera le rôle d'écran et interceptera une partie des corpuscules qui, sans lui, auraient frappé A. Alors, les chocs reçus par A dans la direction opposée à celle de B n'auront plus de contre-partie, ou ne seront plus qu'imparfaitement compensés, et ils pousseront A vers B.

Telle est la théorie de Lesage; et nous allons la discuter en nous plaçant d'abord au point de vue de la Mécanique ordinaire. Comment, d'abord, doivent avoir lieu les chocs prévus par cette théorie; est-ce d'après les lois des corps parfaitement élastiques, ou d'après celles des corps dépourvus d'élasticité, ou d'après une loi intermédiaire? Les corpuscules de Lesage ne peuvent se comporter comme des corps parfaitement élastiques; sans cela, l'effet serait nul, parce que les corpuscules interceptés par le corps B seraient remplacés par d'autres qui auraient rebondi sur B, et que le calcul prouve que la compensation serait parfaite.

Il faut donc que le choc fasse perdre de l'énergie aux corpuscules, et cette énergie devrait se retrouver sous forme de chaleur. Mais quelle serait la quantité de chaleur ainsi produite? Observons que l'attraction passe à travers les corps; il faut donc nous représenter la Terre, par exemple, non pas comme un écran plein, mais comme formée d'un très grand nombre de molécules sphériques très petites, qui jouent individuellement le rôle de petits écrans, mais entre lesquelles les corpuscules de Lesage peuvent circuler librement. Ainsi, non seulement la Terre n'est pas un écran plein, mais ce n'est pas même une passoire, puisque les vides y tiennent beaucoup plus de place que les pleins. Pour nous en rendre compte, rappelons que Laplace a démontré que l'attraction, en traversant la Terre, est affaiblie tout au plus d'un dix-millionième, et sa démonstration ne laisse rien à désirer : si, en effet, l'attraction était absorbée par les corps qu'elle traverse, elle ne serait plus proportionnelle aux masses; elle serait *relativement* plus faible pour les gros corps que pour les petits, puisqu'elle aurait une plus grande épaisseur à traverser. L'attraction du Soleil sur la Terre serait donc *relativement* plus faible que celle du Soleil sur la Lune, et il en résulterait, dans le mouvement de la Lune, une inégalité très sensible. Nous devons donc conclure, si nous adoptons la théorie de Lesage, que la surface totale des molécules sphériques qui composent la Terre est tout au plus la dix-millionième partie de la surface totale de la Terre.

Darwin a démontré que la théorie de Lesage ne conduit exactement à la loi de Newton qu'en supposant des corpuscules entièrement dénués d'élasticité. L'attraction exercée par la Terre sur une masse 1 à la distance 1 sera alors proportionnelle, à la fois, à la surface totale S des molécules sphériques qui la composent, à la vitesse v des corpuscules, à la racine carrée de la densité ρ du milieu formé par les corpuscules. La chaleur produite sera proportionnelle à S, à la densité ρ, et au cube de la vitesse v.

Mais il faut tenir compte de la résistance éprouvée par un corps qui se meut dans un pareil milieu; il ne peut se mouvoir, en effet, sans aller au-devant de certains chocs, en fuyant, au contraire, devant ceux qui viennent dans la direction opposée, de sorte que la compensation réalisée à l'état de repos ne peut plus subsister. La résistance calculée est proportionnelle à S, à ρ et à v; or, on sait que les corps célestes se meuvent comme s'ils n'éprou-

Digitized by Google

vaient aucune résistance, et la précision des observations nous permet de fixer une limite à la résistance du milieu.

Cette résistance variant comme $S\rho v$, tandis que l'attraction varie comme $S\sqrt{\rho}v$, nous voyons que le rapport de la résistance au carré de l'attraction est en raison inverse du produit Sv.

Nous avons donc une limite inférieure du produit Sv. Nous avions déjà une limite supérieure de S (par l'absorption de l'attraction par les corps qu'elle traverse); nous avons donc une limite inférieure de la vitesse v, qui doit être au moins égale à 24.10^{17} fois celle de la lumière.

Nous pouvons en déduire ρ et la quantité de chaleur produite; cette quantité suffirait pour élever la température de 10^{26} degrés par seconde; la Terre recevrait dans un temps donné 10^{30} fois plus de chaleur que le Soleil n'en émet dans le même temps; je ne veux pas parler de la chaleur que le Soleil envoie à la Terre, mais de celle qu'il rayonne dans toutes les directions.

Il est évident que la Terre ne résisterait pas longtemps à un pareil régime.

On ne serait pas conduit à des résultats moins fantastiques si, contrairement aux vues de Darwin, on douait les corpuscules de Lesage d'une élasticité imparfaite sans être nulle. A la vérité, la force vive de ces corpuscules ne serait pas entièrement convertie en chaleur, mais l'attraction produite serait moindre également, de sorte que ce serait seulement la portion de cette force vive convertie en chaleur qui contribuerait à produire l'attraction et que cela reviendrait au même; un emploi judicieux du théorème du viriel permettrait de s'en rendre compte.

On peut transformer la théorie de Lesage; supprimons les corpuscules et imaginons que l'éther soit parcouru dans tous les sens par des ondes lumineuses venues de tous les points de l'espace. Quand un objet matériel reçoit une onde lumineuse, cette onde exerce sur lui une action mécanique due à la pression Maxwell-Bartholi, tout comme s'il avait reçu le choc d'un projectile matériel. Les ondes en question pourront donc jouer le rôle des corpuscules de Lesage. C'est là ce qu'admet, par exemple, M. Tommasina.

Les difficultés ne sont pas écartées pour cela; la vitesse de propagation ne peut être que celle de la lumière et l'on est ainsi conduit, pour la résistance du milieu, à un chiffre inadmissible. D'ailleurs, si la lumière se réfléchit intégralement, l'effet est nul, tout comme dans l'hypothèse des corpuscules parfaitement élastiques. Pour qu'il y ait attraction, il faut que la lumière soit partiellement absorbée; mais alors il y a production de chaleur. Les calculs ne diffèrent pas essentiellement de ceux qu'on fait dans la théorie de Lesage ordinaire, et le résultat conserve le même caractère fantastique.

D'un autre côté, l'attraction n'est pas absorbée par les corps qu'elle traverse, ou elle l'est à peine; il n'en est pas de même de la lumière que nous connaissons. La lumière qui produirait l'attraction newtonienne devrait être considérablement différente de la lumière ordinaire et être, par exemple, de très courte longueur d'onde. Sans compter que, si nos yeux étaient sensibles à cette lumière, le ciel entier devrait nous paraître beaucoup plus brillant que le Soleil, de telle sorte que le Soleil nous paraîtrait s'y détacher en noir, sans quoi le Soleil nous repousserait au lieu de nous attirer. Pour toutes ces raisons, la lumière qui permettrait d'expliquer l'attraction devrait se rapprocher beaucoup plus des rayons X de Röntgen que de la lumière ordinaire.

Et encore les rayons X ne suffiraient pas; quelque pénétrants qu'ils nous paraissent, ils ne sauraient passer à travers la Terre tout entière; il faudra donc imaginer des rayons X′ beaucoup plus pénétrants que les rayons X ordinaires. Ensuite une portion de l'énergie de ces rayons X′ devrait être détruite, sans quoi il n'y aurait pas d'attraction. Si on ne veut pas qu'elle soit transformée en chaleur, ce qui conduirait à une production de chaleur énorme, il faut admettre qu'elle est rayonnée dans tous les sens sous forme de rayons secondaires, que l'on pourra appeler X″ et qui devront être beaucoup plus pénétrants encore que les rayons X′, sans quoi ils troubleraient à leur tour les phénomènes d'attraction.

Telles sont les hypothèses compliquées auxquelles on est conduit quand on veut rendre viable la théorie de Lesage.

Mais, tout ce que nous venons de dire suppose les lois ordinaires de la Mécanique. Les choses iront-elles mieux si nous admettons la nouvelle Dynamique? Et d'abord, pouvons-nous conserver le Principe de Relativité? Donnons d'abord à la théorie de Lesage sa forme primitive et supposons l'espace sillonné par des corpuscules matériels; si ces corpuscules étaient parfaitement élastiques, les lois de leur choc seraient conformes à ce Principe de Relativité, mais nous savons qu'alors leur effet serait nul. Il faut donc supposer que ces corpuscules ne sont pas élastiques, et alors il est difficile d'imaginer une loi de choc compatible avec le Principe de Relativité. D'ailleurs, on trouverait encore une production de chaleur considérable, et cependant une résistance du milieu très sensible.

Si nous supprimons les corpuscules et si nous revenons à l'hypothèse de la pression Maxwell-Bartholi, les difficultés ne seront pas moindres. C'est ce qu'a tenté Lorentz lui-même dans son

Digitized by Google

Mémoire à l'Académie des Sciences d'Amsterdam du 25 avril 1900.

Considérons un système d'électrons plongés dans un éther parcouru en tous sens par des ondes lumineuses; un de ces électrons, frappé par l'une de ces ondes, va entrer en vibration; sa vibration va être synchrone de celle de la lumière; mais il pourra y avoir une différence de phase, si l'électron absorbe une partie de l'énergie incidente. Si, en effet, il absorbe de l'énergie, c'est que c'est la vibration de l'éther qui *entraîne* l'électron; l'électron doit donc être en retard sur l'éther. Un électron en mouvement est assimilable à un courant de convection; donc tout champ magnétique, en particulier celui qui est dû à la perturbation lumineuse elle-même, doit exercer une action mécanique sur cet électron. Cette action est très faible; de plus, elle change de signe dans le courant de la période; néanmoins, l'action moyenne n'est pas nulle s'il y a une différence de phase entre les vibrations de l'électron et celles de l'éther. L'action moyenne est proportionnelle à cette différence, par conséquent à l'énergie absorbée par l'électron.

Je ne puis entrer ici dans le détail des calculs; disons seulement que le résultat final est une attraction entre deux électrons quelconques, égale à :

$$\frac{EE_1}{4\pi E' r^2}.$$

Dans cette formule, r est la distance des deux électrons, E et E_1 l'énergie absorbée par les deux électrons pendant l'unité des temps, E' l'énergie de l'onde incidente par unité de volume.

Il ne peut donc y avoir d'attraction sans absorption de lumière et, par conséquent, sans production de chaleur, et c'est ce qui a déterminé Lorentz à abandonner cette théorie, qui ne diffère pas au fond de celle de Lesage-Maxwell-Bartholi. Il aurait été beaucoup plus effrayé encore s'il avait poussé le calcul jusqu'au bout. Il aurait trouvé que la température de la Terre devrait s'accroître de 10^{18} degrés par seconde.

XVI. — Conclusions.

Je me suis efforcé de donner en peu de mots une idée aussi complète que possible de ces nouvelles doctrines; j'ai cherché à expliquer comment elles avaient pris naissance, sans quoi le lecteur aurait eu lieu d'être effrayé par leur hardiesse. Les théories nouvelles ne sont pas encore démontrées, il s'en faut de beaucoup; elles s'appuient seulement sur un ensemble assez sérieux de probabilités pour qu'on n'ait pas le droit de les traiter par le mépris.

De nouvelles expériences nous apprendront, sans doute, ce qu'on en doit définitivement penser. Le nœud de la question est dans l'expérience de Kaufmann et celles qu'on pourra tenter pour la vérifier.

Qu'on me permette un vœu, pour terminer. Supposons que, d'ici quelques années, ces théories subissent de nouvelles épreuves et qu'elles en triomphent; notre enseignement secondaire courra alors un grand danger : quelques professeurs voudront, sans doute, faire une place aux nouvelles théories. Les nouveautés sont si attrayantes, et il est si dur de ne pas sembler assez avancé! Au moins, on voudra ouvrir aux enfants des aperçus et, avant de leur enseigner la Mécanique ordinaire, on les avertira qu'elle a fait son temps et qu'elle était bonne tout au plus pour cette vieille ganache de Laplace. Et alors, ils ne prendront pas l'habitude de la Mécanique ordinaire.

Est-il bon de les avertir qu'elle n'est qu'approchée? Oui; mais plus tard, quand ils s'en seront pénétrés jusqu'aux moelles, quand ils auront pris le pli de ne penser que par elle, quand ils ne risqueront plus de la désapprendre, alors on pourra, sans inconvénient, leur en montrer les limites.

C'est avec la Mécanique ordinaire qu'ils doivent vivre; c'est la seule qu'ils auront jamais à appliquer; quels que soient les progrès de l'automobilisme, nos voitures n'atteindront jamais les vitesses où elle n'est plus vraie. L'autre n'est qu'un luxe, et l'on ne doit penser au luxe que quand il ne risque plus de nuire au nécessaire. **Henri Poincaré,**

de l'Académie des Sciences et de l'Académie française.

CE QUE L'ON DISAIT DES INDES OCCIDENTALES AVANT CHRISTOPHE COLOMB

Lorsqu'un Christophe Colomb levait l'ancre pour la traversée de l'Atlantique, lorsqu'un Barthélemy Diaz ou un Vasco de Gama tentait le périple de l'Afrique, il ne partait pas au hasard à la conquête de l'inconnu; son esprit était hanté par une vision du but à atteindre et de la route à suivre; c'est cette vision qui permettait à l'explorateur de préparer son expédition avec une sage prévoyance et de la diriger avec prudence; c'est elle qui soutenait la foi de l'audacieux capitaine et lui donnait le pouvoir de raffermir ses compagnons découragés.

Cette vision, comment s'était-elle engendrée et développée en l'âme du navigateur? Elle était née des idées répandues dans les livres et parmi les

Digitized by Google

hommes, des enseignements des géographes comme des récits des marins; elle avait grandi par le continuel apport de pensées analogues.

Si donc nous voulons deviner quelque chose des sentiments qui animaient un Colomb, un Diaz ou un Gama au moment où ses caravelles levaient l'ancre, il faut nous enquérir de ce qu'on avait pu lui enseigner ou lui conter, durant son enfance et sa jeunesse, de la figure de la terre et des mers; il nous faut rechercher avec curiosité les écrits où l'on décrivait l'Océan et les Indes, avant que ces audacieux navigateurs nous en eussent fait connaître exactement la situation et la forme.

I

Ptolémée pensait que la Terre, dont les Iles Fortunées marquaient l'extrémité occidentale, s'étendait, vers l'orient, jusqu'à 180° de ces îles; l'Océan occupait les 180° qui restaient. Un navigateur, partant des Iles Fortunées et cinglant vers l'ouest, aurait dû parcourir la moitié du tour du monde avant de rencontrer une côte.

Les géographes arabes et, après eux, les géographes chrétiens du Moyen-Age, partageaient, en général, l'opinion de Ptolémée. Cette opinion rendait fort chimérique le projet de naviguer vers l'ouest jusqu'à la rencontre de la terre ferme. Et cependant, bien des hommes se sentaient attirés vers l'autre rive de cet Océan auquel venait se terminer l'Europe. Peut-être cette rive était-elle moins éloignée que Ptolémée ne l'avait affirmé. On se souvenait que Marin de Tyr, avant lui, étendait bien davantage notre continent; qu'il lui faisait couvrir non pas 180°, mais 225° de l'Équateur. On parlait d'îles, situées en plein Océan, que certains navigateurs avaient parfois atteintes. « Il existe une certaine île de l'Océan, écrivait saint Anselme[1], que l'on nomme l'Ile perdue; elle surpasse de beaucoup toutes les autres par la douceur de son climat, par sa fertilité en toutes sortes de produits; inconnue des hommes, on l'a parfois découverte par hasard; ensuite, lorsqu'on l'a cherchée, on n'a pu la retrouver; c'est pourquoi on la nomme l'Ile perdue. On dit que Brandanus l'avait atteinte. »

Au XIIIe siècle, Albert le Grand acceptait comme certain l'enseignement de Ptolémée et voulait que les longitudes extrêmes de la terre ferme différassent exactement de 180°[2]. Mais Roger Bacon, son contemporain et son émule, voulait que les deux rives de l'Océan fussent beaucoup plus rapprochées[1].

Bacon rappelle l'opinion émise par Aristote au second livre de son traité *Du Ciel* : L'Inde orientale et l'Afrique occidentale produisent des animaux semblables, notamment des éléphants; cette similitude en la faune de ces deux régions du Monde suppose que les influences astrales, causes de toute génération, s'y exercent à peu près de la même manière; il faut donc que l'Inde et l'Afrique soient, en réalité, peu distantes l'une de l'autre. L'Océan, qui les sépare, doit être étroit. Dès lors, la différence entre les deux longitudes extrêmes de la terre ferme surpasse de beaucoup les 180° que lui accorde Ptolémée.

A l'appui de cette opinion, Bacon accumule les autorités; il cite, en particulier, celle de Sénèque; celui-ci prétendait, au cinquième livre de ses *Questions naturelles*, qu'avec un vent favorable on pourrait traverser l'Océan en peu de jours.

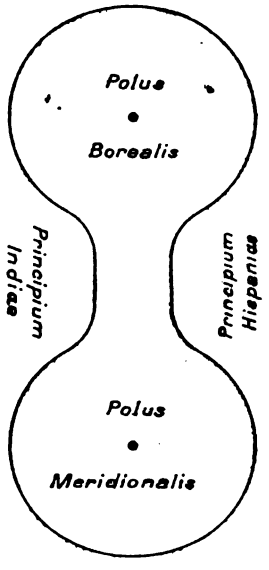


Fig. 1.

C'est sous l'équateur que la distance est la plus faible entre les deux rives de l'Océan; là, en effet, l'ardeur du Soleil dessèche la surface de notre globe; aux deux pôles, au contraire, les eaux abondent. Cette théorie conduit Bacon[3] à dessiner la forme de l'Océan comme le représente la figure ci-dessus :

« Les divers passages[2] de l'*Opus Majus* qui se rapportent au système du Monde, tel que se le figurait Roger Bacon, furent reproduits plus tard par le cardinal Pierre d'Ailly, dans son traité intitulé *Imago mundi*, chapitre XV. Pierre d'Ailly, qui écrivait vers l'an 1410, c'est-à-dire plus d'un siècle après Roger Bacon, jouissait d'une grande réputation au XVe siècle. Le hasard fit que le traité du Cardinal tomba entre les mains de Christophe Colomb, au moment où cet illustre navigateur était livré à ses profondes recherches sur l'existence du nouveau continent, et celui-ci en adopta les diverses idées. » La Bibliothèque de Séville garde pieuse-

[1] Beati Anselmi Archiepiscopi Cantuariensis *Liber de imagine mundi*; lib. II, cap. XX : De insulis.

[2] Beati Alberti Magni Ratisponensis Episcopi *Liber de natura loci ex longitudine et latitudine ejusdem proveniente*, tract. I, cap. IX.

[1] Fratris Rogeri Bacon Ordinis Minorum *Opus majus ad Clementem quartum, Pontificem Romanum*. Edidit S. Jebb, Londini MDCCXXXIII; pp. 183-185 et p. 194.

[2] Bacon : *Op. cit.*, pl. I, fig. 27.

[3] Reinaud : Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde (*Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, t. XVIII, deuxième partie, 1849, p. 387).

Digitized by Google

ment l'*Imago Mundi* de Pierre d'Ailly portant les annotations manuscrites de Colomb.

Par Pierre d'Ailly, donc, l'influence de Roger Bacon s'est exercée sur Christophe Colomb; elle a contribué à lui suggérer la pensée de traverser l'Océan. Cette influence est-elle la seule à laquelle il soit redevable de son audacieux projet? Parmi ceux qui vivaient peu de temps avant lui, en des pays voisins du sien, l'idée ne commençait-elle pas à se répandre que la rive inconnue de l'Océan était sans doute plus proche que ne l'enseignait la *Géographie* de Ptolémée? Colomb n'a-t-il pas eu connaissance d'écrits laissés par ceux qui professaient cette idée? La lecture de tels écrits n'est-elle pas venue donner une nouvelle force aux désirs que l'*Imago Mundi* avait fait germer dans le cœur du géographe génois? Ces questions se posaient à notre esprit tandis que nous étudiions un texte, peu connu croyons-nous, dont nous nous proposons d'entretenir les lecteurs de la *Revue générale des Sciences*.

II

Sous le n° 10.264 du fonds latin, la Bibliothèque Nationale garde un manuscrit précieux. La riche reliure en maroquin rouge, aux armes et au chiffre de Louis XIV, recouvre une collection d'un assez grand nombre de pièces qui, pour la plupart, concernent l'Astronomie et la Géographie. Par une heureuse et trop rare circonstance, le copiste qui a donné les transcriptions très lisibles et très correctes de ces pièces a pris soin de signer et de dater ces ouvrages; nous apprenons ainsi que ce copiste était Arnaud de Bruxelles, calligraphe, puis imprimeur bien connu de Naples: les dates auxquelles les diverses copies ont été achevées sont comprises entre l'an 1475 et l'an 1492.

C'est en cette collection de pièces copiées par Arnaud de Bruxelles que nous avons découvert un fragment très important, et inconnu jusqu'à ce jour, de l'*Opus tertium* de Roger Bacon[1]; c'est aussi en cette collection que se trouve compris l'écrit dont nous voudrions entretenir nos lecteurs.

En tête du fol. 57, recto, du manuscrit, on lit ce titre, un peu long, tracé à l'encre rouge :

Compendium clari viri Leonardi qualea : quod Astronomiam medicinalem nuncupari voluit. ex multis Syrorum : Indorum : Arabum : Persarum : Egiptiorum : Grecorum et Latinorum voluminibus compilatum : in facilitatem medicorum et infirmorum : prohemium.

L'ouvrage commence, aussitôt après, par ces mots : « Lux nature deus... ». Il se termine au recto du fol. 95 par ces mots : « Et nox a solis occasu », suivis d'une figure astrologique intitulée : « Circulus aspectuum planetarum, et ordine quo jacent signa — atque exurgunt et occidunt signa. »

Au-dessous de la figure se trouvent la date de la copie et la signature du copiste : « 22 octobris. 1475, per A. de Bruxella. »

Le titre même de cette *Astronomie médicale* nous donne le nom de l'auteur : Leonardus Qualea. Ce personnage ne semble guère connu des biographes; du moins, l'ouvrage qu'il a composé nous révèlera-t-il la patrie de l'écrivain.

A la fin du XXVIIIe et dernier chapitre de son traité[1], Qualea écrit : « Si vous voulez connaître l'auteur de cet ouvrage, réunissez les premières lettres des vingt-neuf[2] chapitres de ce *compendium*, et vous saurez quel il est. » Ce petit travail donne, en effet, le résultat suivant :

LEONARDUS QUALEA UENETUS
ME FECIT.

Par cette ingénieuse signature, nous apprenons donc que Leonardo Qualea était de Venise.

Qu'il fût médecin, le sujet même de son ouvrage nous l'annonce; qu'il fût astrologue, le même sujet ne nous permet pas d'en douter; d'ailleurs, en Italie, tout médecin était astrologue. En outre, Qualea avait beaucoup voyagé, et il se piquait d'une grande érudition; nous l'apprenons par le préambule de son ouvrage : « Ce bref résumé, qui semble devoir être nommé *Astronomie médicale*, je l'ai extrait d'une foule de volumes composés par des Syriens, des Indiens, des Arabes, des Perses, des Égyptiens, des Grecs et des Latins; ces livres, je les ai vus et je les ai lus alors que, dans la force de l'âge, je parcourais le monde. » Sa philosophie, fort éclectique, paraît tenir du Platonisme autant au moins que du Péripatétisme.

A quelle époque Qualea a-t-il rédigé son *Astronomie médicale*? S'il a signé son ouvrage avec une habileté qui défie toute falsification, il ne l'a malheureusement pas daté. Il est possible, cependant, d'indiquer deux années entre lesquelles il en faut nécessairement placer la composition.

Le traité de Qualea ne peut avoir été écrit après 1475, puisque Arnaud de Bruxelles en achevait la copie le 22 octobre de cette année-là.

D'autre part, en son X^e chapitre, l'auteur parle[3] *Des îles qui se sont montrées récemment.* « C'est, dit-il, ce qui est arrivé de notre temps, durant les années qui viennent de s'écouler (*his proximè annis decursis*); auprès de l'Ile de Santorin, dans la mer Égée, tout à coup, du fond de la mer, pen-

[1] Pierre Duhem : Sur un fragment, inconnu jusqu'ici, de l'*Opus tertium* de Roger Bacon (*Comptes Rendus*, t. CXLVI, p. 156, 27 janvier 1908).

[1] Fol. 92, verso, du manuscrit.
[2] L'auteur compte ici le *proœmium* pour un chapitre.
[3] Fol. 60, recto, du manuscrit.

Digitized by Google

dant un tremblement de terre, une île a émergé, accompagnée d'une violente éruption ignée; cela s'est produit auprès de l'endroit où, au témoignage de Justin et d'autres auteurs, une autre île a émergé du sein des eaux chaudes, au temps du roi Antiochus; nous avons vu ces deux îles et nous les avons foulées de nos pas. » L'éruption dont Qualea parle comme d'un événement qui remonte seulement à quelques années est assurément celle qui a agrandi l'île de Paléo-Kaiméni; or cette éruption s'est produite en 1457. Il ne paraît donc pas que l'*Astronomie médicale* ait été composée avant l'an 1460.

Une autre indication vient corroborer la précédente; Leonardo Qualea dédie[1] son ouvrage au « Très Révérend Père Henri Longard de Palerme, professeur en Sacrée Théologie, de l'ordre des Frères Prêcheurs, archevêque de l'Achéron[2] et de Matera, confesseur très heureux de Ferdinand, cette splendeur des rois. » Ce roi Ferdinand ne peut être que Ferdinand Ier, roi de Naples, qui monta sur le trône en 1458.

Leonardo Qualea a donc sûrement composé son *Astronomie médicale* entre 1460 et 1475; à cette époque, le Génois Christophe Colomb commençait à songer aux terres inconnues.

III

Leonardo Qualea entend exposer l'ensemble des connaissances astronomiques utiles à un médecin. Aussi, avant d'aborder l'Astrologie médicale proprement dite, écrit-il une sorte de petit traité élémentaire de Cosmologie, de Cosmographie, d'Astronomie et de Géographie. C'est ainsi que son chapitre quatrième — celui qui va nous occuper — porte ce titre[3], qui est un sommaire : *Quid mundus sit et de quibus constat. De situ orbis elementalis. De qualitate, natura et potestate elementorum. De mensura terræ. De quinque zonis. De terminis eorum. De septem climatibus et differentiis horarum in unoquoque climate. De eorum longitudine atque latitudine. De novem sphæris cælestibus et de earum motu atque ordine.*

C'est en ce chapitre que se trouve le passage suivant[4] :

« *De la longitude de la zone tempérée tout entière.* Depuis les Iles Fortunées de l'Océan occidental, jusqu'au rivage et aux îles de l'Océan oriental (la plus éloignée de ces îles est celle où se trouvent les rubis), la longitude de notre zone tempérée et habitable, qui est prise ainsi en sa plus grande longueur, est de deux cent soixante-dix degrés. Cette distance se divise de la manière suivante :

« *De la longitude de l'Europe.* — En premier lieu l'Europe, jusqu'au fleuve du Tanaïs, occupe soixante-cinq degrés.

« *De la longitude de l'Asie.* — Puis vient l'Asie, qui s'étend jusqu'au fleuve Indus, au cent-dixième degré.

« *De la longitude des trois parties de l'Inde.* — Ensuite viennent les trois Indes, savoir :

« La première Inde, jusqu'au fleuve du Gange;

« La seconde Inde jusqu'au Grand Golfe (*Sinus magnus*).

« La troisième Inde, qui est l'Inde supérieure; elle est la plus grande, et la mer en entoure la majeure partie. Avec ses îles, elle s'étend, comme je l'ai dit plus haut, jusqu'au deux-cent soixante-dixième degré (*Tertia India superior, quæ maxima est et pro majori parte a mari circumdatur. Quæ, cum insulis suis, ut prædixi usque ad gradus ducentos septuaginta se extendit*).

« Alors cessent les îles et les terres habitables jusqu'à ce que l'on parvienne au littoral occidental de l'Europe. »

Colomb a pu connaître ce texte. L'a-t-il connu? Nous l'ignorons. Tout ce que nous pouvons affirmer c'est que, s'il l'a lu, il n'en a pu trouver qui promît à son audacieuse tentative un succès plus assuré. En attribuant 90° à la distance entre les Iles Fortunées et les terres placées vis-à-vis d'elles, de l'autre côté de l'Océan, Qualea laissait encore à l'Atlantique une trop grande largeur; le quatre-vingt dixième méridien à l'ouest des îles Canaries passe au milieu du Mexique; personne, cependant, n'avait, à ce point, rapproché de l'Europe les terres que l'on croyait être l'Inde supérieure.

IV

L'*Astronomie médicale* de Qualea, si capable d'inciter Colomb à entreprendre la traversée de l'Océan, était-elle de nature à encourager Barthélemy Diaz et Vasco de Gama? Le médecin vénitien eût trompé le navigateur génois en assignant à son voyage un terme trop lointain; il eût trompé les marins portugais en leur montrant un but trop rapproché. Voici, en effet, ce qu'il enseignait[4] touchant la forme de l'Afrique :

« *De la longitude de l'Afrique tout entière.* — L'Afrique s'étend à partir des Iles Fortunées; ces îles sont ainsi nommées, parce qu'elles sont formées par ce qui émerge de la cime des montagnes de l'Ile de Talante[2], entièrement submergée d'ailleurs. Du côté de l'orient, elle s'étend jusqu'à la Mer Rouge et au Golfe Arabique, vis-à-vis l'Arabie heu-

[1] Fol. 57, verso, du manuscrit.
[2] C'est-à-dire : du lac Fusaro.
[3] Fol. 60, verso, du manuscrit.
[4] Fol. 63, verso, du manuscrit.

[1] Fol. 63, verso, et fol. 64, recto, du manuscrit.
[2] L'Atlantide.

Digitized by Google

reuse; en sa partie australe, elle s'étend vers l'Orient jusqu'à venir presque en regard du fleuve Indus, qui est au 110e degré. Elle est presque entièrement entourée par la mer, sauf une région large de 200 milliers de pas, qui se trouve à l'extrémité du Golfe Arabique, vers l'Égypte, la terre de Palestine et l'Arabie pétrée. Depuis notre mer Méditerranée, en les régions que nous avons dites, jusqu'au Golfe Arabique de la Mer Rouge, ce lieu compte environ deux cent milles. Il est tout entier formé de sable, en sorte que la mer paraît avoir occupé ce lieu et s'être ensuite retirée.

« *Que l'Afrique contient la zone torride.* — L'Afrique renferme la zone torride tout entière, car l'équateur passe presque par le milieu de cette partie du monde. En outre, elle contient, de part et d'autre, une portion de chacune des deux zones tempérées; vers le nord, en effet, elle s'étend presque à 30° à partir de l'équateur; vers le midi, elle s'étend, pour la plus grande partie, sur 27° de latitude. »

Le Cap des Aiguilles, qui termine l'Afrique au sud, se trouve par 34°21' de latitude australe; Léonardo Qualea faisait donc l'Afrique australe trop courte de plus de 7°. En revanche, en mettant l'extrémité orientale de l'Afrique presque au méridien des bouches de l'Indus, qu'il avait elles-mêmes placées beaucoup trop loin vers l'est, il déplaçait le cap Guardafui d'un grand nombre de degrés du côté de l'Orient.

Ces erreurs n'étaient assurément pas négligeables; l'*Astronomie médicale* donnait cependant, de la figure de l'Afrique, une description plus voisine de la vérité qu'on n'eût pu l'attendre d'un écrit de ce temps.

L'ouvrage de Leonardo Qualea nous apporte, en tous cas, un témoignage historique intéressant; il nous révèle les conjectures que l'on formait, au voisinage de l'an 1460, parmi les hommes curieux de Géographie, touchant la configuration de la terre et des mers. Ces conjectures, où transparaissait déjà quelque chose de la vérité, ne semblaient nullement invérifiables; on comprend que d'audacieux navigateurs aient voulu les transformer en certitudes. Ce sont des écrits semblables à celui de Leonardo Qualea qui ont fait germer l'ambition des grandes découvertes en l'âme des Christophe Colomb, des Barthélemy Diaz et des Vasco de Gama.

Pierre Duhem,

Correspondant de l'Institut de France,
Professeur à l'Université de Bordeaux.

NOTES SUR L'ORGANISATION DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE EN ALLEMAGNE

L'influence de l'esprit scientifique sur le progrès industriel, les rapports de la Science et de l'Industrie ont été, à diverses reprises, étudiés dans cette *Revue*, et nos lecteurs n'ont certainement pas perdu le souvenir des beaux travaux que nos collaborateurs, MM. Maurice Schwob, H. Le Chatelier, Haller et Clerget, ont publiés, ici même, à ce sujet[1].

De toutes les industries, celle des produits chimiques en Allemagne montre peut-être le mieux l'action puissante que les disciplines scientifiques peuvent exercer sur la prospérité industrielle d'un pays. Nous en trouverions, s'il était nécessaire, une preuve nouvelle dans le Rapport qu'a rédigé M. Henri Rousset, ancien chargé de Mission à l'Etranger, sur les causes de la puissance et du développement de l'industrie chimique chez nos voisins. A ce rapport inédit, il nous semble intéressant d'emprunter, sous forme de Notes très condensées, les indications qu'on va lire.

M. Henri Rousset, qui a travaillé en qualité de chimiste dans l'une des plus importantes usines d'Allemagne, qui en a connu les différents services, nous apporte des impressions vécues, dont il est possible de dégager certaines conclusions.

Certes, on a fait chez nous, en Chimie, des travaux aussi considérables et des découvertes aussi brillantes qu'à l'Etranger : comment donc se peut-il que l'industrie chimique allemande ait acquis un développement très supérieur à celui de la même industrie en France? Ce n'est pas par l'esprit d'invention : les colorants azoïques acides du naphtol ont été découverts par Roussin; Vidal a trouvé le premier noir au soufre et Green la primuline. La législation des brevets n'explique pas davantage cette supériorité : en Suisse, où elle est moins protégée, l'industrie est relativement plus prospère qu'en France. Enfin, la houille et la main-d'œuvre ne sont guère moins chères en Westphalie que dans nos contrées du Nord. Non, le secret de la

[1] M. Schwob : La méthode scientifique en commerce et en industrie. T. VIII, année 1897, p. 202.
H. Le Chatelier : L'enseignement scientifique général dans ses rapports avec l'industrie. T. IX, année 1898, p. 98.
A. Haller : Les Arts chimiques et la Pharmacie à l'Exposition universelle de 1900. T. XIII, année 1902, p. 1055.
P. Clerget : L'esprit scientifique dans l'enseignement commercial. T. XVI, année 1905, p. 649.

Digitized by Google

puissance industrielle de l'Allemagne est surtout dans l'*organisation*. Les Allemands ont su « organiser » merveilleusement, idéalement, leurs colossales usines.

M. Rousset le montre, en passant successivement en revue : la Direction, les Laboratoires, les Usines, les Bureaux, les Services commerciaux.

LA DIRECTION.

I. — La haute direction.

Plusieurs co-directeurs sont à la tête de l'entreprise. Chacun d'eux se spécialise dans une branche : toutes sont ainsi représentées. L'un est l'héritier du lointain fondateur de l'usine embryonnaire d'où est sorti l'établissement actuel; il apporte le nom de l'ancêtre et continue les traditions. Un autre est plus spécialement représentatif, chargé d'honneurs officiels, décoré, répandu dans tous les milieux; il se fait voir partout où il estime que sa présence est utile. Celui-ci est un chimiste éminent, l'égal de tel célèbre professeur d'Université; il a été arraché à l'enseignement au prix d'un traitement considérable. Cet autre, enfin, qui a vécu à l'Etranger, parle quatre ou cinq langues; il voyage la moitié de l'année, faisant, d'agence en agence, le tour du monde.

Ainsi se trouvent réunies toutes les compétences; la lourde besogne, divisée, répartie, est mieux faite; la responsabilité, partagée. On a réduit l'influence des idées trop personnelles, empêché certains abus de pouvoir; le népotisme ne trouve plus guère à s'exercer. Il n'y a personne au-dessus des directeurs, mais chacun d'eux se trouve obligé d'observer une certaine retenue.

Tous, d'ailleurs, sont directement intéressés à la prospérité de l'établissement; ils en sont nécessairement actionnaires, souvent pour des sommes importantes. Ils disposent d'une puissance financière considérable (capitaux s'élevant, en actions et en obligations, jusqu'à 25, quelquefois 50 millions), et ont derrière eux un fonds de réserve très élevé.

Ils sont assistés et secondés par de nombreux fondés de pouvoirs, pépinière où se forment et dans laquelle seront choisis les futurs directeurs. Ces fondés de pouvoirs jouissent d'une large initiative et affranchissent la Direction de la préoccupation du détail.

II. — Les Laboratoires.

§ 1. — L'organisation matérielle.

L'organisation matérielle des laboratoires est véritablement merveilleuse. Une série de boxes réservés chacun à un chimiste, et où sont aménagées toutes les commodités, avec toutes les distributions d'eau, de gaz, d'électricité; en face, un hall immense, où fourmillent et s'agitent les aides, ce sont là les laboratoires d'analyses pour le *contrôle des différentes fabrications*.

On pratique dans d'autres l'*essai des produits fabriqués*, non plus par analyse chimique, mais en les éprouvant industriellement. Les manipulations y sont entièrement faites par des aides, souvent de tout jeunes gens, avec le concours de quelques ouvriers et contremaîtres. Le laboratoire y est une sorte de petite usine; les appareils d'essais sont des réductions de modèles industriels. Les « techniciens » chargés du contrôle ont, à côté, une pièce spéciale avec bibliothèque, collection d'échantillons-types, carnets de laboratoire. Ces laboratoires ont, on le voit, pour objet de renseigner le client sur les produits qu'il achète.

Il existe une troisième catégorie de laboratoires ; ceux-ci sont encore nettement différenciés : laboratoires de recherches, distribués eux-mêmes en plusieurs services indépendants, ayant chacun un rôle défini et limité. C'est ainsi qu'à côté des laboratoires de Chimie pure, il en est d'autres qui s'occupent seulement d'un groupe de produits particulièrement intéressant. S'adonnant exclusivement à l'étude d'un petit nombre de questions, les chimistes qui y travaillent se trouvent dans les meilleures conditions pour résoudre ces problèmes; tous reçoivent les nombreuses publications et prises de brevets relatives à leur spécialité. Toutes les commodités imaginables concourent, d'ailleurs, à simplifier leur tâche; des organisations accessoires facilitent leur besogne. C'est ainsi qu'à la bibliothèque, des spécialistes sont constamment occupés à compulser les Mémoires récents et à dactylographier selon les indications des chefs des services techniques. Ainsi, aucune préoccupation étrangère ne vient distraire l'esprit, uniquement tendu vers l'objet des recherches. On ne contraint pas le chimiste à obtenir des résultats immédiatement utilisables : ce n'est parfois qu'après de longues années d'études et de patients travaux, que de nouveaux composés viennent prendre place dans la fabrication courante. Ce n'est qu'après avoir payé d'une fortune le brevet du Professeur Baeyer sur la préparation de l'indigo synthétique que la « Badische Anilin und Soda Fabrik » put fabriquer industriellement le produit; encore le résultat fut-il obtenu par un procédé un peu différent! Disposant du temps, de l'argent, d'un personnel hautement capable, la Direction possède ainsi une sorte d'usine à découvertes, dans laquelle, à force d'essais méthodiques, on explore toutes les voies, on tente toutes les réactions possibles. Si le but visé n'est pas chimérique, on arrive forcément, fatalement, à l'atteindre

Digitized by Google

On voit donc, par ce qui précède, que l'on ne confond pas, comme en France, l'analyste avec le chimiste chef de fabrication ou le chimiste chargé de recherches. On n'est pas successivement l'un, puis l'autre. Il est facile d'apercevoir toute l'importance de cette spécialisation.

Nous en aurons terminé, en ce qui concerne les laboratoires, en notant l'originale institution d'un laboratoire spécial (dont l'entretien peut coûter jusqu'à 50.000 francs par an), destiné à recevoir les fils ou protégés de clients, désireux de s'exercer à l'emploi des produits fabriqués par l'usine.

§ 2. — Le personnel.

Le choix des techniciens et des chimistes est entouré de nombreuses garanties, que rend possibles le grand nombre de postulants. Tous les chimistes sont docteurs ès sciences. On ne donne suite aux demandes d'emploi qu'après une minutieuse enquête, quelquefois même un stage dans les laboratoires, en qualité de volontaire. Les techniciens sont, pour la plupart, anciens élèves d'Instituts spéciaux; on ne les engage que s'ils ont déjà un peu de pratique industrielle, et on les choisit venant d'écoles différentes.

Sans doute, les traitements de début sont minimes, et chacun doit faire un apprentissage souvent assez long. Mais, sitôt qu'un agent est chargé d'un service important, on lui crée une situation honorable.

On tient largement compte à chacun de ses travaux personnels. Les découvertes de Chimie générale sont souvent publiées d'une façon anonyme par les soins de la Maison; mais le nom de l'auteur est toujours connu du cercle restreint dont l'opinion seule importe. Toute invention, tout perfectionnement qui produisent des résultats économiquement appréciables valent à l'auteur une participation, quelquefois très importante, dans les bénéfices réalisés.

Les études originales sont encore stimulées par l'institution de conférences où se rencontrent tous les employés intéressés à échanger leurs vues sur les nouveautés et les travaux à faire ou en cours d'exécution.

Chacun est à son tour rapporteur d'un sujet donné par le chef de service, sous la direction duquel on questionne, discute, apprécie. Stimulation du personnel, spécialisation étroite dans la recherche, mais non dans le savoir, pas de secrets jalousement gardés, pas d'employés se sentant indispensables, tels sont quelques-uns des avantages de ces réunions périodiques.

Disons, pour ne pas revenir sur ce chapitre des conférences, qu'une semblable organisation fonctionne dans le service des bureaux.

III. — L'usine.

Les Sociétés importantes ont gardé la vieille usine pour les services accessoires; mais, pour la fabrication intensive, elles ont édifié des agglomérations d'usines-modèles, construites avec tous les perfectionnements possibles.

L'emplacement de l'usine nouvelle a été choisi en ne tenant compte que des facilités de transport et de l'éventualité des agrandissements. Si les ouvriers habitent au loin, on va les chercher en bateau ou par chemin de fer, ou bien on crée une véritable ville, annexe de l'usine.

Tout, dans l'usine nouvelle, est d'une scrupuleuse propreté, surtout les salles des machines : dallages céramiques d'une blancheur parfaite, escaliers métalliques aux rampes brillantes. Les installations ouvrières, réfectoires, salles de bains (où les ouvriers passent obligatoirement pendant les heures de travail), sont des modèles de simplicité, d'hygiène et de bonne tenue.

Une particularité qui ne laisse pas d'étonner, c'est le petit nombre d'ouvriers relativement aux dimensions des ateliers et au nombre des machines. La perfection mécanique est telle que le travail manuel est ramené au strict minimum; un grand nombre de postes n'exigent qu'une besogne toute de surveillance. Autant qu'il est possible, le travail est fait mécaniquement.

Les usines de matières colorantes ne fabriquent pas seulement les produits chimiques; elles ont encore leurs ateliers accessoires d'expédition, de ferblanterie, de menuiserie, d'impression, de gravure. Tout est organisé avec le souci constant de tout prévoir; c'est ainsi qu'un corps spécial de pompiers fait partie du personnel; ses membres, habituellement occupés à la police et au nettoyage, sont prêts à la moindre alerte.

Enfin, les œuvres philanthropiques, qu'elles soient ou non conçues dans un esprit de désintéressement, ne sont pas, non plus, négligées: loyers peu coûteux, repas à bas prix, services médicaux gratuits, cours d'adultes, ateliers-écoles, tout concourt à assurer à la Direction un personnel de choix, qu'elle s'efforce de s'attacher.

IV. — Les bureaux.

L'organisation des bureaux n'est pas inférieure à celle du laboratoire et de l'usine. Un service central reçoit toute la correspondance et répartit la besogne entre les bureaux compétents.

Les catégories d'employés sont nettement différenciées.

Les employés inférieurs (garçons de bureau, cyclistes) ont tous une bonne instruction primaire.

Digitized by Google

Les employés proprement dits doivent avoir fait des études primaires supérieures ou professionnelles; on leur réserve des emplois n'exigeant pas des qualités d'initiative ou de responsabilité (comptables, facturiers, dactylographes).

Les employés de choix, qui, normalement, arriveront un jour à une situation importante, doivent avoir fait de solides études secondaires, complétées, pour beaucoup, par des études spéciales (Instituts commerciaux), universitaires (docteurs en droit chargés des prises de brevets), ou par des voyages à l'Etranger. De plus, les employés que l'on juge aptes à occuper un poste de choix doivent, au bout de quelque temps, accomplir un stage dans d'autres services (laboratoires, succursales à l'Etranger, etc.).

On s'efforce de procurer aux employés toutes sortes d'avantages et d'agréments. Ils ont leur salle de bains, leurs salles de jeux, leur bibliothèque, un restaurant à bas prix, la semaine de travail à l'anglaise, des maisons d'habitation à côté de l'usine, et aussi des retraites.

Tous signent avec la Direction des engagements de plusieurs années; ils s'interdisent souvent d'entrer au service d'un concurrent avant qu'un certain délai se soit écoulé. Cette mesure, jointe à la perspective de la retraite, assure la stabilité du personnel.

V. — Les services commerciaux.

Il y a, chez tous les commerçants allemands, une ténacité que rien ne rebute et un souci constant d'avancer toujours. La concurrence est très âpre, on s'épie d'agent à agent, on multiplie les démarches pour « enlever » l'affaire. Mais on ne baisse jamais les prix au-dessous d'une certaine limite laissant un bénéfice appréciable. S'il arrive que les prix « se gâchent », il intervient entre fabricants des ententes, suivies d'une hausse générale.

Il faut, d'ailleurs, gagner beaucoup pour subvenir à tous les frais généraux de l'organisation commerciale : nombreux personnel, grand luxe de catalogues de toutes formes et en toutes langues, distribués à profusion, réclames dans les revues techniques, dont quelques-unes seront subventionnées pour assurer le lancement de nouveaux produits.

Outre les agents et les dépositaires qui sont établis dans tous les centres industriels, de nombreux voyageurs, employés directs de la Société, visitent les clients, sans préjudice de la tournée qu'un directeur fait chaque année chez les principaux d'entre eux.

Des voyageurs praticiens, chacun s'occupant de la spécialité où il excelle, visitent, sur les indications des agents commerciaux, les industriels chez lesquels leur présence est jugée utile. Ils se mettent à l'entière disposition du client pour essayer en grand les nouveaux produits, étudier les causes d'insuccès et les moyens d'y remédier. Ils ne vendent rien, n'ont aucune remise sur les ventes, mais ils ne se servent naturellement que des produits de la Maison pour amener l'industriel qui profite de leurs services à acheter ces mêmes produits. Ces techniciens font des essais, dans les laboratoires, pour satisfaire aux désirs des industriels ou des agents commerciaux. Ils se tiennent en relations constantes avec les employés à la correspondance, afin de pouvoir répondre rapidement aux demandes particulières de chaque client.

VI. — Quelques chiffres.

Pour donner au lecteur une idée de l'importance de certains établissements allemands, citons quelques chiffres donnés officiellement par les « Farbenfabrikaten vormals Friedrich Bayer and C° », — l'une des cinq grandes sociétés de produits chimiques en Allemagne, — chiffres dans lesquels on peut avoir toute confiance.

Cette Société est dirigée par MM. Fried. Bayer, Conseiller de Commerce, Dr H. T. Böttinger, député au Landtag, Dr C. Duisberg et C. Hülsenbusch. La Direction est assistée de 25 fondés de pouvoir.

Le capital social se compose de :

14 millions de marks en actions;

6 millions 1/2 de marks en fonds de réserve;

7 millions 1/2 de marks en obligations.

La Société possède des usines à Elberfeld, Leverhusen, Barmen-Rittershausen, Schelploh, Moscou et Flers (près Roubaix).

L'usine de Leverhusen emploie 30 kilomètres de voies ferrées et 12 locomotives à vapeur. Dans cette seule usine, la consommation d'eau est évaluée à 60.000 mètres cubes par jour. On y consomme annuellement 80 millions de kilogrammes de glace artificielle.

Lorsque la Société F. Bayer et Cie fut fondée en 1881, elle ne comptait que 50 employés. Elle occupe actuellement, dans ses usines et succursales de vente : 1.185 employés, dont 163 chimistes, 5 médecins, 34 ingénieurs, 67 techniciens de mécanique et de construction, 203 autres employés techniques, 713 employés de commerce et de bureau.

La bibliothèque renferme environ 14.000 volumes et 25.000 brochures et opuscules : elle est, dans l'industrie chimique, la plus précieuse collection technique du monde. 190 journaux et périodiques techniques sont à la disposition des employés.

Ainsi s'explique l'importance qu'a prise, au cours de ces vingt dernières années, l'industrie chimique en Allemagne.

Henri Rousset,
Ancien Chargé de Mission à l'Étranger.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Fréchet (Maurice), *Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure.* — **Sur quelques points du Calcul fonctionnel.** (*Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.*) — 1 *vol. in-4° de 74 pages. Tipographia Matematica di Palermo*, 1907.

On sait qu'on nomme aujourd'hui *Calcul fonctionnel* cette branche des Mathématiques dans laquelle on considère comme variable, d'une manière plus ou moins arbitraire, la forme d'une fonction d'une ou de plusieurs variables numériques ordinaires.

L'importance de cette conception n'est plus à démontrer. Son intervention dans des cas de plus en plus étendus et dans des problèmes de plus en plus nombreux est la conséquence logique de l'évolution qui a eu pour point de départ l'invention du Calcul infinitésimal. Mais l'étude à laquelle on est ainsi conduit paraît présenter de très grandes difficultés.

La première, et peut-être la principale, est que ce qu'on appelle le *champ fonctionnel*, c'est-à-dire l'ensemble des diverses fonctions auxquelles on peut appliquer le calcul dont il s'agit en ce moment, nous est beaucoup moins familier que l'ensemble des nombres, c'est-à-dire que le continu ordinaire.

On a été conduit, avec M. Cantor, à faire une étude approfondie du continu et à créer ainsi la théorie des ensembles, et il est même certain aujourd'hui que cette théorie joue un grand rôle dans la théorie des fonctions. Cependant, en fait, cette dernière s'est non seulement constituée, mais poursuivie très longtemps et très loin sans que la théorie des ensembles fût seulement soupçonnée. La notion intuitive du continu, telle que chacun de nous la possède, a suffi à Lagrange, à Cauchy, à Riemann et même à Weierstrass.

Cette intuition nous fait défaut en ce qui concerne le champ fonctionnel. Aussi, quoique l'une des notions fondamentales du Calcul infinitésimal, celle de dérivée, lui ait été étendue, grâce aux beaux travaux de M. Voltera, ce champ, pour servir de base à une théorie un peu complète des opérations fonctionnelles, demande à être étudié tout d'abord au point de vue de la théorie des ensembles.

C'est à ce point de vue que s'est placé M. Fréchet. Mais il lui a fait subir une généralisation importante.

L'idée dont il est parti paraîtra très naturelle à tous ceux qui ont suivi la marche des Mathématiques dans ces dernières années. Il n'était cependant pas donné à tout le monde de la concevoir, ni surtout de la mettre en exécution. Elle a une portée considérable.

Au lieu de s'adresser dès l'abord aux ensembles de fonctions exclusivement, M. Fréchet commence par considérer des ensembles *abstraits*, c'est-à-dire composés d'éléments tout à fait quelconques; il ignore volontairement la nature de ces éléments.

Il n'introduira initialement que le plus petit nombre possible d'hypothèses essentielles, en se bornant même à celles qui sont communes à tous les types d'ensembles auxquels on peut songer à appliquer la théorie : — quitte, lorsqu'elles ne suffisent pas à rendre compte de toutes les propriétés d'un ensemble spécial, à en allonger la liste, en y adjoignant celles qui sont les sources des propriétés nouvelles, qui *caractérisent* le cas particulier envisagé. C'est en opérant ainsi qu'on donne aux raisonnements non seulement leur maximum de portée, mais leur maximum de simplicité.

En fait, une seule notion est postulée au début (outre celles des éléments distincts ou non les uns des autres) : c'est celle de *limite*, à l'égard de laquelle on suppose, non un mode de définition déterminé, mais deux postulats fondamentaux.

Dans un deuxième chapitre, on suppose, au contraire, la limite définie à l'aide du *voisinage*, notion que Weiertrass a introduite dans le Calcul des variations (et, par suite, dans le Calcul fonctionnel) et qui est l'analogue de la *différence* de deux quantités numériques ordinaires. Cette nouvelle conception de la limite constitue une première particularisation de la théorie.

Il est des cas où la notion de limite peut être définie et satisfait aux deux postulats sur lesquels repose le premier chapitre, sans pouvoir, de quelque manière que ce soit, être déduite d'un voisinage. L'auteur en fait la preuve en montrant d'une part que, si la limite dérive d'un voisinage, tout ensemble dérivé est fermé (le sens des deux mots « dérivé » et « fermé » devant être déduit, à la manière classique, de celui du mot « limite »); d'autre part, qu'il existe des classes d'éléments dans lesquelles cette propriété n'a pas lieu.

Après avoir ainsi adjoint aux hypothèses fondamentales la notion de voisinage, on a encore besoin de deux autres adjonctions analogues pour arriver à toutes les propriétés qui interviennent dans les applications.

L'une de ces adjonctions consiste à supposer que la classe d'éléments étudiée C est *parfaite* (c'est-à-dire telle que chacun de ses éléments soit limité d'une infinité d'autres) et *séparable*, c'est-à-dire telle qu'on puisse extraire de C un ensemble dénombrable dont le dérivé soit C. La seconde n'est autre que le critérium bien connu de Cauchy relatif à la convergence.

Ces propriétés suffisent pour fonder la théorie dans tous les cas qu'il y a jusqu'à présent lieu de considérer.

En particulier, tous les théorèmes relatifs aux ensembles tels qu'on les envisage classiquement, c'est-à-dire formés avec les points d'une droite, sont contenus dans la théorie précédente. Il en est également ainsi, et c'est le but même qu'on avait en vue pour les ensembles que l'on peut former avec des fonctions ou des lignes quelconques, du moins sous certaines hypothèses simples.

L'auteur établit, en effet, ce fait extrêmement remarquable que la classe formée par les fonctions continues d'une variable est séparable.

Autrement dit, *on peut former*, UNE FOIS POUR TOUTES, *une série de fonctions, continues dans un intervalle déterminé, telle qu'en groupant convenablement ses termes, on puisse la faire tendre uniformément vers n'importe quelle fonction continue dans l'intervalle en question.*

Grâce à cette circonstance, si paradoxale au premier abord, les théorèmes généraux établis dans la première partie du travail s'appliquent d'eux-mêmes aux ensembles de fonctions continues.

Les résultats ainsi obtenus (et dont l'auteur établit les analogues pour les ensembles de points dans l'espace à une infinité dénombrable de dimensions, et aussi pour les ensembles de lignes) seront certainement fondamentaux pour toute étude ultérieure du Calcul fonctionnel.

JACQUES HADAMARD,
Professeur-adjoint à la Sorbonne,
Professeur-suppléant au Collège de France.

Engel (Pierre), *Enseigne de vaisseau.* — **Déviation des compas. Etude géométrique. Compensation du compas Thomson.** — 1 *vol. in-8° de 66 pages avec planches.* (*Prix : 2 fr. 75.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Opuscule élémentaire, où l'auteur s'est efforcé d'illustrer géométriquement la théorie analytique des

Digitized by Google

compas en suivant pas à pas les formules de Poisson et leur développement, mais sans les y laisser jamais soupçonner. Faisant d'abord l'étude théorique du champ magnétique d'un navire, il cherche le champ produit en un point donné, sous l'influence du magnétisme terrestre, par un barreau de fer doux placé d'une manière quelconque par rapport à ce point. Dans cette étude, il envisage l'une après l'autre les positions particulièrement remarquables et simples du barreau par rapport à ce point. Il procède ainsi du particulier au général, du simple au plus complexe, et gardera également par la suite cette méthode, dont la simplicité est peut-être plus théorique que réelle en l'occasion.

Viennent tout naturellement ensuite l'étude de la façon dont se comporte une aiguille aimantée dans ce champ, et, conséquence immédiate, le principe de la compensation des compas. L'auteur a cru devoir mettre en tête de cette deuxième partie « un résumé de la première suffisant pour l'intelligence de la suite », montrant bien ainsi qu'il voulait donner à son livre un caractère tout particulier de pratique élémentaire, caractère qu'on ne peut, du reste, lui contester.

Dans une troisième partie, se trouve exposée la pratique raisonnée de la compensation du compas Thomson. Enfin, M. Engel a ajouté des remarques et renseignements divers sur les compas en général et le Thomson en particulier. Quelques tables usuelles et deux cartes mondiales des courbes d'égale force horizontale et des courbes d'égale inclinaison complètent cet opuscule.

J. Bion,
Enseigne de vaisseau.

2° Sciences physiques

Schuster (Arthur), *Professeur de Physique à l'Université de Manchester.* — **Einführung in die theoretischen Optik.** — *Traduction allemande par* M. H. Konen. — 1 *vol. de* 412 *pages avec* 2 *planches et* 185 *figures.* (*Prix* : 16 *fr.*) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1908.

L'ouvrage de M. Schuster, dont l'édition anglaise a paru il y a trois ans, et dont M. Konen donne une traduction allemande qui a profité de quelques retouches de détail, n'est pas, à vrai dire, une simple « Introduction » à l'étude de l'Optique théorique. Si M. Schuster a choisi ce titre modeste, c'est d'abord qu'il ne s'est pas proposé d'être tout à fait complet : sur bien des points, là surtout où il n'avait rien de personnel à dire, il lui arrive, comme il en prévient lui-même le lecteur, de se borner à un exposé d'ensemble, où il a cherché à être utile en renvoyant à d'autres traités ou à des Mémoires originaux (surtout anglais ou allemands). Mais, sous sa forme concise, cet exposé est toujours clair et instructif, et les citations renvoient toujours à des sources où il est avantageux de puiser. L'auteur cité le plus souvent est Lord Rayleigh, auquel M. Schuster a dédié son livre; il faut souhaiter, avec M. Konen, que cela contribue à faire lire de plus en plus, par les jeunes physiciens, les travaux de ce maître éminent. Les résumés historiques que le lecteur rencontre souvent à la fin des chapitres, et qui viennent le reposer dans sa lecture, donnent une idée nette de la façon dont la science s'est développée.

On peut dire que presque[1] tous les résultats importants de l'Optique générale sont envisagés dans l'excellent ouvrage de M. Schuster. La première partie (243 pages) comprend toutes les questions que l'on peut traiter à l'aide de considérations purement cinématiques : étude générale des mouvements périodiques et des ondes, propagation, interférences, diffraction, pouvoir séparateur des instruments d'Optique, propriétés des milieux cristallisés, interférences en lumière polarisée. Toute cette partie est écrite le plus simplement possible, en cherchant à éviter toute difficulté purement mathématique. Citons un exemple : étudiant la diffraction à distance finie produite par un écran à bord rectiligne, M. Schuster veut éviter l'emploi des intégrales de Fresnel; il montre qu'on peut traiter le problème complètement et arriver à des résultats numériquement équivalents par un choix convenable des zones élémentaires découpées dans l'onde incidente.

Dans la deuxième partie, les considérations cinématiques ne suffisent plus, et il est nécessaire de préciser les théories admises. M. Schuster montre d'abord, en prenant comme pierre de touche l'étude de la réflexion vitreuse, comment la théorie électromagnétique rend mieux compte que ses devancières des faits à expliquer. Le chapitre sur la dispersion et l'absorption, où la question est traitée d'abord à un point de vue général, puis avec l'introduction des électrons, renferme une courte étude originale sur la dispersion dans les bandes d'absorption de *largeur finie*. Dans l'étude, qui suit, des propriétés des métaux, les belles recherches de Hagen et Rubens ont pris la place qui leur est due : le lecteur comprend comment on pourrait mesurer la résistance électrique d'un métal par des mesures purement optiques. Après avoir étudié la dispersion dans les cristaux et les corps actifs, puis les phénomènes magnéto-optiques, M. Schuster termine par deux chapitres sur la transformation des diverses formes de l'énergie et sur la nature de la lumière. Naturellement on retrouve dans le dernier, particulièrement intéressant, l'exposition des idées que M. Schuster s'est faites, à la suite de Gouy et de Lord Rayleigh, sur la lumière blanche (considérée comme le résultat d'une suite d'impulsions). Comme illustration, l'auteur reproduit la théorie des franges de Talbot, qu'il a publiée en 1904 dans le *Philosophical Magazine* et qui fait comprendre aussitôt, sans les difficultés que l'on rencontre avec le mode d'exposition classique, pourquoi les franges n'apparaissent que lorsque la lame est placée sur une seule des deux moitiés du faisceau : celle qui est du côté où l'on voit la partie bleue du spectre lorsque la lame est placée près de l'œil.

M. Schuster avait une autre raison pour intituler son livre « Introduction ». C'est qu'à ses yeux il n'existe pas actuellement de théorie véritable de l'Optique, comme il paraissait y en avoir une, il y a cinquante ans, avec la théorie de Fresnel. Sans doute, M. Schuster reconnaît qu'il faut aujourd'hui admettre que les vibrations lumineuses sont des vibrations électromagnétiques comme celles que nous pouvons produire et étudier au laboratoire; mais ces vibrations électromagnétiques, M. Schuster voudrait qu'on les expliquât, elles aussi. Il s'élève avec force (pages VI et 258) contre cette « école de philosophie amollissante » qui se contente des équations de Hertz et ne s'applique pas à rechercher la nature des phénomènes électriques eux-mêmes. Comme beaucoup d'excellents physiciens anglais, M. Schuster conserve donc, on le voit, le besoin instinctif d'une image mécanique : il ne fait aucune allusion à ceux qui cherchent, au contraire, à expliquer par des phénomènes électromagnétiques les propriétés les plus familières de la matière, son inertie par exemple. J'imagine qu'il attend sans doute que d'autres propriétés essentielles (telles que la cohésion, l'attraction newtonienne, etc...) soient, elles aussi, expliquées simplement d'une façon analogue. En tout cas, il serait bien imprudent d'affirmer que cette tendance de M. Schuster est désormais fâcheuse, qu'elle ne peut plus conduire, comme autrefois, à faire progresser la science : M. W. Ritz ne vient-il pas, dans ses importantes *Recherches critiques sur l'Electro-dynamique générale*[1], de montrer qu'on pourrait rappeler à la vie, sous une forme rajeunie, la vieille théorie de l'émission?

A. Cotton,
Chargé de Cours à l'Université de Paris
(Ecole Normale Supérieure).

[1] Certaines questions : influence du mouvement des corps, phénomènes électro-optiques, discussion des expériences de Wiener, phénomènes de luminescence, etc., ont été laissées de côté.

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, février 1908.

Digitized by Google

Haller (A.), *Membre de l'Institut, et* **Girard** (Ch.), *Directeur du Laboratoire municipal de Paris.* — **Mémento du Chimiste.** — *1 vol. in-8° de* 758 pages. (*Prix* : 12 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris,* 1908.

En se transformant en « Mémento du Chimiste », l'ancien « Agenda », primitivement carnet de poche, est devenu livre de bibliothèque ou, au moins, de laboratoire. Faut-il le féliciter sans réserves de cet accroissement, qui pourrait être sans limites, acquis en laissant à d'autres le soin de composer un véritable vademecum français portatif, capable de fournir à qui parcourt des ateliers les renseignements dont il peut avoir besoin à tout instant?

Ceci étant constaté, je n'hésite pas à reconnaître que « l'excellent petit livre » dont parle la préface a été remplacé par un bon gros volume, où le travailleur trouvera : quantité de documents physiques, une petite table de logarithmes, des renseignements de minéralogie, des données d'ordre chimique, des recettes variées et enfin un précis d'analyse qualitative et quantitative dans la confection duquel M. Girard a trouvé l'occasion de déployer toute la compétence qu'une pratique longue et distinguée lui a permis d'acquérir, particulièrement en ce qui regarde les matières alimentaires et les colorants organiques.

Me permettra-t-on, cependant, de dire que le nouvel ouvrage renferme quelques petits détails qu'il serait avantageux de modifier ou de compléter dans la suite? Ainsi, par exemple, dans le chapitre des pouvoirs calorifiques, on trouve encore l'essai Berthier, qui n'a guère de valeur ni surtout de raison d'être aujourd'hui, et que l'on ne devrait signaler que pour en déconseiller l'emploi. Il n'est pas question, par contre, du *pouvoir calorifique supérieur* et du *pouvoir calorifique inférieur*, distinction rationnelle usitée presque partout à l'Etranger et dont il y a intérêt à répandre la connaissance en France. On pourrait, de même, adresser quelques critiques à l'essai des huiles de graissage, où l'on aurait pu indiquer l'usage de quelques appareils devenus classiques. Dans les recettes utiles, je n'ai pas trouvé mention (sauf erreur) des bains fusibles, notamment des mélanges de chlorures alcalins et alcalino-terreux que l'on emploie dans les laboratoires et même dans l'industrie pour la trempe des outils.

Enfin, observation d'un autre genre : pourquoi, depuis quelques années, nos chimistes prennent-ils l'habitude d'introduire dans leurs écrits le mot allemand *Becher*, alors que nous avons en français le terme *gobelet*, qui possède exactement la même signification? Il semble que cela n'est pas enrichir, mais encombrer la langue inutilement.

Tout le monde lira avec plaisir la notice sur la vie et l'œuvre de Ch. Friedel, due à la plume si autorisée de son successeur à la Sorbonne. Ceux qui ont eu le bonheur de connaître ce maître, qui fut un grand savant en même temps qu'un excellent homme, s'associeront de tout cœur au souvenir ému que lui donne le « Mémento ».

Il ne me reste que l'agréable devoir de souhaiter bien sincèrement bon accueil de la part des chimistes français au nouveau recueil, et par conséquent courte vie à l'édition, afin que l'on puisse facilement maintenir l'ouvrage au courant des progrès incessants de la science.

G. Arth,
Directeur de l'Institut chimique de Nancy.

3° Sciences naturelles

Mosso (A.). — **Laboratoire scientifique international du Mont Rose. Travaux des années 1904-1907.** *Tome II.* — *1 vol. in-8° de* 191 *pages. Vincent Bona, éditeur. Turin,* 1908.

Au début de l'ouvrage, le Professeur Mosso retrace l'histoire de la fondation du Laboratoire du col d'Olen (altitude, 3.000 mètres), et donne le plan de l'édifice maintenant achevé, qui comprend des laboratoires de Physiologie, de Bactériologie, de Botanique, de Zoologie, une salle pour les observations météorologiques, une autre pour les recherches de Physique. Cette œuvre, dont l'utilité avait été reconnue en 1903 par un vote unanime du Conseil de l'Association internationale des Académies, a été menée à bien, grâce aux souscriptions des souverains, du Gouvernement et des Clubs alpins italiens, des Gouvernements français, autrichien, allemand, du Gouvernement et des Universités suisses, de l'Académie des Sciences de Washington, grâce aussi à la libéralité de quelques amis particuliers du Professeur Mosso. Il est accordé un poste d'études dans ces laboratoires aux Gouvernements et aux institutions qui en font la demande, contre le seul versement d'une somme de 5.000 francs. Nos compatriotes ont donc droit à deux postes, le Gouvernement français ayant souscrit 10.000 francs. Il est recommandé aux personnes qui désirent en obtenir un de prendre d'abord les informations nécessaires auprès du directeur de l'Institut, le docteur Aggazzotti (Corso Raffaello, 30, Turin). Les demandes devront être adressées avant le 1er juillet au président de la Commission, le Professeur Mosso.

Les sept premiers Mémoires contenus dans ce volume sont dus à M. Mosso, et font valoir une fois de plus, par la variété des sujets et des méthodes d'exploration, toutes les ressources de l'esprit ingénieux et inventif auquel la Physiologie doit tant d'importantes acquisitions.

Un travail très étendu traite de *La respiration périodique* (*phénomène de Cheyne-Stokes*), *telle qu'elle se produit chez l'homme sur les Alpes par l'effet de l'acapnie.* La respiration périodique est, en quelque sorte, sur les Alpes, un phénomène physiologique.

A l'altitude de 4.560 mètres, dans la Cappana Regina Margherita, elle ne s'observe pas chez tous les sujets durant la veille, mais chez presque tous pendant le sommeil. M. Mosso appelle d'ailleurs l'attention sur ce fait qu'elle peut apparaître déjà à des altitudes inférieures à 3.000 mètres, et à ces faibles hauteurs les phénomènes caractéristiques de l'anoxyhémie font encore défaut. La respiration périodique est donc due à l'acapnie, c'est-à-dire à la diminution de CO^2 du sang. Si c'était la ration d'O qui fût insuffisante, l'organisme devrait réagir par des modifications respiratoires, de nature à renforcer la ventilation pulmonaire, tandis que c'est le contraire qu'on observe. Les malaises respiratoires sont plus intenses pendant le sommeil, parce que, dans cet état, il se produit un léger affaiblissement des centres, dont l'excitation est déjà diminuée, du fait de l'acapnie. Une analyse minutieuse du phénomène montre que la respiration périodique, telle qu'elle se manifeste dans l'air raréfié, soit pendant le sommeil, soit pendant la veille, diffère par ses caractères de celle qui s'observe chez certains sujets pendant le sommeil, à la pression barométrique normale.

Dans l'acapnie, elle peut d'ailleurs affecter deux types : ou bien l'oscillation périodique d'activité est limitée aux centres respiratoires, ou bien elle embrasse un champ plus vaste et s'étend en même temps aux centres psychiques, à ceux des vaisseaux sanguins, au cœur et même aux centres moteurs des extrémités, et entraîne ainsi des éclipses et des retours alternatifs de la conscience, des changements périodiques de la pression du sang et du rythme du cœur, des secousses dans les membres.

On peut produire expérimentalement le phénomène de Cheyne-Stokes chez le chien, en le soumettant à la dépression barométrique, et on constate encore, dans ces conditions, que la respiration, au lieu de devenir plus profonde comme dans l'anoxyhémie, diminue, au contraire, d'amplitude. On sait qu'une forte ventilation pulmonaire produit l'apnée qui, pour Mosso, est une conséquence de l'acapnie, et que l'arrêt respiratoire est parfois suivi de l'apparition du phénomène de Cheyne-Stokes : la respiration dans l'air raréfié facilite la manifestation de ce dernier symptôme, parce que, dans la dépression barométrique, la diminution de

Digitized by Google

CO^2 persiste plus longtemps que dans le cas où l'apnée s'établit à la pression normale. Enfin, les inhalations d'O ne sont pas capables de modifier la respiration de Cheyne-Stokes, tandis que l'adjonction de 10 à 12 °/₀ de CO^2 à l'O ramène la respiration à son type normal. En résumé, le phénomène de Cheyne-Stokes, sur les Alpes, est un effet de l'acapnie.

Dans le Mémoire que nous venons d'analyser, M. Mosso a déjà noté que quelques personnes, même à l'altitude de 4.560 mètres, ne paraissent pas souffrir de l'insuffisance d'O : dans un travail spécial, il insiste sur « *les différences individuelles dans la résistance à la pression partielle de l'O* », que l'on rencontre soit chez des animaux soumis à l'action de l'air raréfié, soit chez les alpinistes ou les aéronautes.

Dans le Mémoire intitulé : *Dépression barométrique et pression partielle du CO^2 dans l'air respiré. Observations faites sur les singes*, de nouvelles expériences viennent s'ajouter à celles que l'auteur a publiées antérieurement, pour montrer que la sensibilité de l'organisme pour CO^2 diminue dans l'air raréfié. Chez des singes placés sous la cloche pneumatique, à une pression d'une demi-atmosphère environ, la dyspnée et les symptômes généraux produits par une forte proportion de CO^2 dans l'air inspiré sont moins graves qu'à la pression barométrique ordinaire.

Des autres Mémoires de M. Mosso se dégagent les conclusions suivantes : lorsqu'on détermine l'apnée au moyen d'une active ventilation pulmonaire, on peut, à un moment où la mœlle allongée est encore paralysée, voir reparaître les mouvements respiratoires régis par les centres spinaux, dont l'indépendance vis-à-vis du bulbe est ainsi mise en évidence (*Démonstration des centres respiratoires spinaux au moyen de l'acapnie*). Chez le chien, à la pression barométrique de 228 millimètres, correspondant à l'altitude de 9.600 mètres, la pression sanguine ne s'est pas sensiblement modifiée, non plus que les battements du cœur, et même à une pression de 128 millimètres, correspondant à une altitude de 14.200 mètres, elle s'est montrée peu différente de la normale. Il y a cependant, à cet égard aussi, des différences individuelles (*La pression du sang dans l'air raréfié*). Des observations faites sur les alpinistes, des expériences pratiquées sur l'homme et le singe, il résulte que les accidents du mal des montagnes, la dépression des forces, la somnolence, le vomissement, disparaissent si l'on ajoute 8 à 10 °/₀ de CO^2 à l'O inspiré, alors que l'O, à lui seul, ne produit pas la même amélioration. Cette adjonction est utile parce que, d'une part, elle compense l'insuffisance de CO^2 dans le sang, et que d'autre part, d'après les expériences de Bohr, CO^2, par l'influence qu'il exerce sur la combinaison de l'hémoglobine avec l'O, permet à l'organisme, quand la pression partielle de l'O est faible, d'utiliser des provisions de ce dernier gaz qui, autrement, resteraient inertes (*L'anhydride carbonique comme remède du mal des montagnes, et pourquoi, dans les ascensions aérostatiques, il doit être respiré avec l'oxygène*). Le vomissement qui se produit à de faibles altitudes ne doit pas être attribué à l'anoxyhémie, mais bien à l'acapnie; il se manifeste, d'ailleurs, en même temps que les modifications respiratoires qui caractérisent celle-ci (*Le mal de montagne et le vomissement*).

M. Aggazzotti a fait un ensemble d'études intéressantes sur l'orang-outang. Dans quatre mémoires successifs, intitulés : 1° *Expériences faites sur un orang-outang avec la raréfaction de l'air*; 2° *Action de l'oxygène dans le malaise produit par la raréfaction de l'air*; 3° *Action de l'anhydride carbonique dans le malaise produit par la raréfaction de l'air*; 4° *Action simultanée de l'O et du CO^2 dans le malaise produit par la raréfaction de l'air*, M. Aggazzoti montre : 1° que l'action exercée sur l'orang par la dépression barométrique ressemble beaucoup à celle que l'on observe chez les autres animaux, et particulièrement chez l'homme; 2° que l'air riche en O a une action bienfaisante manifeste sur le malaise produit par la raréfaction de l'air; qu'elle est jusqu'à un certain point proportionnelle à la quantité °/₀ d'O dans l'air inspiré; mais que, dans les très fortes dépressions, les signes de malaise sont encore évidents, quelle que soit la teneur de cet air en O; 3° que CO^2 se comporte à cet égard comme O; que, pas plus que ce dernier, il n'est capable, à lui seul, d'empêcher la manifestation du malaise, au delà d'un certain degré de raréfaction; qu'il est inefficace quand sa tension partielle ne dépasse pas 18 millimètres Hg; que les raréfactions que peut supporter l'orang, en respirant un air riche en CO^2, restent d'ailleurs inférieures à celles que supporte l'animal dans l'air suroxygéné; 4° que la respiration d'un mélange contenant à la fois O et CO^2 en quantité suffisante fait disparaître les signes de malaise et les empêche de reparaître, même dans les plus fortes dépressions barométriques.

D'expériences auxquelles il s'est soumis lui-même, M. Aggazzotti conclut encore qu'il suffit de 13 °/₀ de CO^2, avec 67 °/₀ d'O pour que l'homme puisse supporter une pression de 122 millimètres, correspondant à une altitude de 14.500 mètres, sans le moindre trouble. Les deux derniers Mémoires, du même expérimentateur, sont consacrés à l'étude de l'alcalinité du sang, qu'il trouve diminuée dans l'air raréfié, d'accord avec les observations antérieures de M. Galeotti, et au rapport entre la réaction vraie, déterminée par la méthode électrométrique, et la réaction potentielle, titrée d'après le procédé de Zuntz et Loewy.

Il semble bien, en parcourant ce volume, que M. Mosso et son collaborateur tendent à faire maintenant une place plus large que par le passé à l'anoxyhémie, comme cause du mal des montagnes. L'acapnie en reste cependant un facteur très important, et il faut reconnaître, à la lecture de ces nombreuses observations et expériences faites sur l'homme et les animaux, que l'acide carbonique se montre un adjuvant très utile de l'oxygène pour remédier aux accidents dus à la raréfaction de l'air.

E. Wertheimer,
Professeur de Physiologie
à la Faculté de Médecine de Lille.

Lemoine (Paul). — **Contributions à la Géologie des Colonies françaises.** — 1 *brochure in-8° de 12 pages. Société géologique de France. Paris*, 1908.

Sous ce titre, M. Lemoine a réuni trois Notes relatives à des fossiles du Sénégal et de Madagascar. Une très intéressante carte schématique a été jointe à ces études, dont le nom de l'auteur garantit l'intérêt.

4° Sciences médicales

Masbrenier (Dr J.), *Ancien Interne des Hôpitaux.* — **Notions d'Hygiène médicale.** — 1 *vol. de 247 pages. (Prix 2 fr.) Cornély, éditeur. Paris*, 1908.

Malgré leur multiplicité, on ne peut que louer l'apparition de ces livres où sont présentées les notions indispensables de l'hygiène pratique. Il importe, en effet, de répandre à profusion et sous toutes les formes possibles les éléments de l'Hygiène. Le livre précis et clair de M. Masbrenier est le résultat des conférences professées aux Ecoles normales de Melun. C'est un cours d'hygiène sommaire, mais complet. On peut en trouver la forme un peu sèche peut-être, pour qui s'adresse à des lecteurs qui ne sont pas encore familiarisés avec les ouvrages de science. L'auteur a été absous de ce léger péché par M. Gabriel Séailles, qui a écrit pour ce livre une belle préface où il montre l'importance de la diffusion de ces principes d'hygiène et félicite M. Masbrenier d'avoir évité « les métaphores et images qui risquent de déguiser ou de déformer » la vérité scientifique. Toutes mes préventions pédagogiques tombent devant l'expérience de l'éminent professeur; mais je suis néanmoins enclin à croire que, pour les écoliers, il faut souvent quelques histoires et beaucoup d'images — surtout réelles.

Dr A. Letienne.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Avril 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Darboux** présente ses recherches sur un problème relatif à la théorie des courbes gauches. — **M. Aurio** montre que le coefficient différentiel ds/dv, rapport de la variation d'entropie à l'augmentation de volume dans une transformation infinitésimale, est égal au rapport des densités respectives de l'éther et de la matière. — **M. Aug. Michel** rappelle qu'il a déjà montré, il y a vingt-cinq ans, que l'effort musculaire nécessaire pour se maintenir sur la pointe du pied est bien plus considérable que le poids du corps. Cela tient à ce que la forme habituelle des leviers de l'organisme est celle des leviers du 3e genre.

2° Sciences physiques. — **M. G. Bigourdan** propose l'emploi de la télégraphie sans fil pour améliorer les avertissements météorologiques. Il est à désirer que certains paquebots qui traversent l'Atlantique télégraphient une fois par jour leur position et les éléments météorologiques qu'ils y observent. — **M. Eug. Bloch** a constaté que la plus grande partie de l'effet Lenard, dans les gaz ionisés par la lumière ultra-violette, est attribuable à la présence de particules photo-électriques en suspension dans le gaz. — **M. E. Doumer** a reconnu que l'ionisation de l'eau intervient d'une façon active dans l'électrolyse des dissolutions d'HCl. La vitesse du transport des ions H et Cl est très sensiblement la même. — **M. F. Bordas** a trouvé de l'hélium, souvent en abondance, dans la plupart des minerais contenant de l'urane; seuls les minéraux dans lesquels les sels d'urane sont nettement définis et cristallisés ne dégagent pas d'hélium. — **M. Ach. Livache** a constaté que les copals employés à la fabrication des vernis sont entièrement solubles, sans pyrogénation préalable, dans l'alcool amylique contenant quelques millièmes d'acide nitrique. On peut préparer des vernis gras en ajoutant, au mélange de copal et d'huile de lin, une certaine quantité d'acides gras de l'huile de lin.

3° Sciences naturelles. — **M. E. Bouvier** a étudié les crevettes de la tribu des Sténopidés et leurs affinités. Il estime que des Schizopodes primitifs seraient issues deux formes : l'une, *lophogastridienne*, c'est-à-dire dendrobranchiale, qui aurait donné les Lophogastridés, les Carides et les Pénéides; l'autre, *euphausidienne*, c'est-à-dire trichobranchiale, ayant donné les Euphausiidés, les *Reptantia* et les Sténopidés.

Séance du 4 Mai 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Humbert** communique quelques formules nouvelles relatives aux minima des classes de formes quadratiques binaires et positives. — **M. Z. Krygowski** indique une loi simple pour la formation des coefficients des intégrales hyperelliptiques canoniques de seconde espèce. — **M. P. Duhem** montre que l'opinion selon laquelle la vitesse de la chute d'un grave croîtrait d'une manière uniforme, soit avec le chemin parcouru, soit peut-être avec le temps écoulé, était émise, dès le milieu du XIVe siècle, à l'Université de Paris, et grandement vulgarisée vers l'an 1500. Cette opinion, qui fut connue de Léonard de Vinci, a pu lui suggérer les énoncés relevés dans ses manuscrits. — **M. Jouguet** applique les lois de la similitude à la propagation des déflagrations.

2e Sciences physiques. — **M. A. Angot** annonce que le Comité météorologique international a étudié l'application de la radiotélégraphie à la prévision du temps. C'est surtout une question financière qui empêche la réalisation de ce projet. — **M. P. Girault** a comparé les dynamos à courant continu série et shunt au point de vue de la rapidité d'amorçage ; l'enroulement série est celui qui donne de beaucoup la plus grande rapidité d'amorçage. — **M. G. Urbain** a mesuré le spectre d'étincelle ultra-violet du dysprosium. Cet élément est le premier des éléments paramagnétiques : son oxyde est environ 12,8 plus magnétique que l'oxyde de fer. — **M. P. Frion** a reconnu que l'entraînement d'un corps soluble par un précipité est plus fort en milieu basique qu'en milieu neutre et plus fort en milieu neutre qu'en milieu acide. L'entraînement croît avec la concentration et avec la valence de l'ion entraîné. — **M. P. Girard** montre que la modification qu'apporte, à la valeur initiale de la force électromotrice d'une pile de concentration, l'interposition d'un diaphragme varie quantitativement comme la charge électrique que prend le diaphragme au contact d'un électrolyte. — **M. H. C. Woltereck** a essayé de produire de l'acide cyanhydrique au moyen d'un mélange d'air et d'AzH^3 passant à travers du charbon incandescent contenu dans un générateur système Dowson. On obtient 44 °/₀ d'HCAz. — **M. H. Baubigny** décrit une méthode de dosage des éléments halogènes dans les composés organiques chloro-bromés par combustion avec le mélange sulfo-chromique et séparation du Cl et du Br. — **MM. G. Darzens** et **H. Rost** ont préparé les homologues du naphtalène en réduisant les naphtylalkylcétones par la méthode de Sabatier et Senderens. — **M. J. Pérard** a étudié l'action de C^6H^5MgBr sur le second éther méthylique de l'acide *p*-diméthylamido-*o*-benzoylbenzoïque. Il a obtenu le même composé, F. 194°, qui se produit dans l'action du phénylbromure de magnésium sur le premier éther méthylique de l'acide en question. — **M. J. Bougault** montre que, dans la fixation de HCAz sur l'acide benzoylacrylique, l'addition se fait sur la liaison éthylénique et que le nitrile-acide obtenu est l'acide benzoylpropionique α-cyané, F. 70°.

3° Sciences naturelles. — **M. Ch. Vaillant** indique une nouvelle méthode permettant de constater, par la radiographie, si un enfant déclaré né mort a vécu ou non. S'il a vécu, ses organes abdominaux sont visibles sur le cliché radiographique; s'il n'a pas vécu, aucun organe n'est visible. — **M. L. Mercier** a étudié les phénomènes nucléaires qui se présentent au cours de la schizogonie de l'*Amoeba blattae*. — **M. G. Lapie** montre que la grande barrière montagneuse qui sépare le Djurdjura de Kabylie modifie subitement l'aspect de la végétation, en excluant le chêne-liège des régions qu'elle sépare de la mer dès que ses crêtes atteignent 1.500 mètres. Au-dessus de 1.800 mètres, le caractère xérophile de la végétation s'accentue encore par l'apparition du pin d'Alep. — **M. C. Gatin** a observé, chez les Musacées et les Cannacées, que, lorsque l'embryon possède une gemmule et une radicule dont les axes coïncident, la germination se produit sans ligule. Elle est, au contraire, ligulée lorsque les axes font un angle plus petit que 180°. — **M. E. Maury** a constaté que la région des schistes métamorphiques de la Corse est formée par deux séries : l'une de micaschistes permo-carbonifères en place ; l'autre de schistes lustrés mésozoïques charriés. — **M. G. Eisenmenger** a reconnu que la ligne de partage des eaux, dans les Alpes Léponiennes, entre le Rhin, d'une part, et les affluents du Pô, d'autre part, a émigré vers le Nord depuis l'époque préglaciaire.

Digitized by Google

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 Avril 1908.

M. le Président annonce le décès de M. **Riche**, membre de l'Académie, et de M. **V. Galtier**, Associé national.

Séance du 5 Mai 1908.

M. le Président annonce le décès du Dr **Chamberland**, Associé libre de l'Académie. — M. **A. Chauffard** présente un Rapport sur un travail de M. **G. Marcano** concernant le diagnostic des abcès dysentériques de la convexité du foie. L'auteur montre la nécessité, pour établir ce diagnostic, de répéter en série l'examen leucocytaire du sang et la radioscopie faite de face et de profil. Le rapporteur préconise également les ponctions exploratrices répétées, faites en plein foie suivant des trajets convergents. — M. **N. Gréhant** montre que l'oxygène pur, respiré en grande quantité, est un médicament héroïque contre l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, à condition d'agir le plus tôt possible. — M. **G. Hayem** déconseille l'emploi du bicarbonate de soude chez les hyperchlorhydriques comme calmant de la douleur et préconise le sous-nitrate de bismuth à haute dose, administré le matin à jeun. Pour modifier le processus digestif, l'auteur a employé avec succès la cure par la solution d'eau de Carlsbad artificielle. — M. le Dr **Rénon** présente un travail concernant l'action de l'opothérapie associée sur le syndrome de Basedow. — M. le Dr **M. Lermoyez** donne lecture d'un travail sur le traitement de l'otite moyenne aiguë. — M. **R. Saint-Philippe** adresse un mémoire sur la suppression et la reprise du lait dans les diarrhées de l'enfance.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 2 Mai 1908.

M. **F. Dévé** a observé, à l'autopsie d'un singe qui avait ingéré des anneaux de tænia échinocoque, un épanchement séro-fibrineux dans la plèvre droite, qu'il considère comme une pleurésie hydatique. — M. **F. Maignon** conseille l'alimentation par les corps gras dans le traitement du diabète. — M. **Ed. Retterer** montre que la conformation toute spéciale de la glène scapulaire chez l'homme procède de la station bipède et surtout des mouvements étendus du bras. — MM. **Cl. Gautier** et **Ch. Hervieux** ont reconnu que le contenu du gros intestin d'un lapin normal n'excrétant pas d'indoxyle urinaire renferme cependant en lui-même tout ce qu'il faut pour faire de l'indol. — MM. **Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont examiné les globulins dans le plasma, sans réactif, à la température du corps; ils ont une forme allongée, en bâtonnet. — M. **R. Repetto** confirme les résultats de Fermi, niés par Remlinger, sur l'infection et l'immunisation des Muridés contre la rage par la voie digestive. — M. **C. Fleig** a constaté que les sucs de sécrétine sont beaucoup moins toxiques, en injections, que les sucs pancréatiques normaux. — MM. **C. Levaditi, Laroche et Yamanouchi** montrent que la méthode de Wassermann ne facilite guère le diagnostic précoce de la syphilis que dans la moitié des cas; elle donne surtout des résultats positifs dans la période des manifestations secondaires. — M. **F. Arloing** soutient de nouveau la non-spécificité de l'oculo-réaction à la tuberculine, car il l'a observée chez deux chevaux non tuberculeux, mais imprégnés de toxine diphtérique. — MM. **M. Ascoli** et **Novello** ont constaté que l'Ag colloïdal, l'Ag métallique et les sels d'Ag solubles jouissent de propriétés hémolytiques. — M. **E. Maurel** a observé, chez la grenouille et le lapin, que la dose minima mortelle de sulfocyanure de potassium par la voie sous-cutanée n'est pas deux fois supérieure à celle de la voie gastrique. — M. **P. Carnot** a pratiqué avec succès la greffe muqueuse dans le traitement de l'ulcère gastrique; la greffe a même lieu sans opération, par introduction dans l'estomac de lambeaux de muqueuse en suspension dans l'eau salée physiologique oxygénée. — M. **H. Vincent** a reconnu que la disparition rapide de la toxine tétanique dans l'estomac est due essentiellement à l'action du suc gastrique, spécialement de HCl qu'il contient. — M. **C. Crithari** a cultivé avec succès le bacille butyrique sur un milieu formé de pommes de terre, de macération de haricots blancs et de bouillon de malt. — M. **C. Mathis** a constaté que les singes sont très sensibles à l'infection par le spirille de la fièvre récurrente du Tonkin; la souris peut être également infectée. — M. **P. Fauvel** a observé que, chez l'homme sain, l'ingestion d'HCl à la dose de 1 gr. par jour diminue notablement l'excrétion des xantho-uriques et légèrement celle de l'acide urique, que le régime contienne ou non des purines. — M. M. **Caullery** a observé chez un Némertien, le *Tetrastemma candidum*, une anomalie de la trompe, consistant en l'existence de deux trompes, placées dans la même gaine bout à bout et en sens opposés. — MM. **H. Labbé** et **V. Hanou** ont observé chez certains goutteux une inaptitude à former et à éliminer des purines et spécialement de l'acide urique; il y a donc une diminution dans le pouvoir oxydant de l'organisme.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 7 Avril 1908.

MM. **P. Simon** et **Hans** ont étudié les propriétés opsonisantes générales de certains sérums pathologiques. — M. **M. Lucien** n'a observé, dans la grande majorité des cas, aucune lésion véritablement caractéristique dans le foie des athrepsiques. — MM. **J. Parisot** et **M. Lucien** ont reconnu que la perte de la propriété physiologique hypotensive du thymus des athrepsiques marche de pair avec la transformation de la substance corticale, qui perd ses qualités lymphatiques. — M. **J. Parisot** montre que les extraits de thymus ont une action très manifeste sur la pression artérielle, contraire à celle des capsules surrénales, et possèdent des propriétés toxiques très marquées. — MM. **G. Etienne** et **J. Parisot** ont constaté que l'extrait hypophysaire, en injections intra-veineuses répétées, détermine une élévation permanente de la pression artérielle et une hypertrophie cardiaque très marquée, mais ils n'ont pas observé d'altération athéromateuse. — M. **L. Spillmann** a observé les lésions présentées par un crâne de l'époque mérovingienne. Elles peuvent être attribuées à la cautérisation par un moxa ou peut-être à la syphilis. — M. **A. Harter** présente une observation de métastase d'un épithélioma utérin dans un fibrome de l'ovaire. — MM. **A. Harter** et **M. Weil** considèrent l'angiome du foie comme une formation inflammatoire d'origine tuberculeuse, où prédominent des lésions scléreuses et vasculaires.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 16 Avril 1908.

M. **V. Babes** a trouvé, dans des reins amyloïdes, une substance particulière, qui se colore en rouge par le scharlach, et qui donne la réaction amyloïde. — Le même auteur montre que, parmi les différentes formes d'imprégnation graisseuse du myocarde, seule la graisse colorée périnucléaire et axiale semble être compatible avec un fonctionnement normal du cœur, tandis qu'une imprégnation graisseuse interfibrillaire indique une lésion plus ou moins grave. — M. **E. Botezat** distingue sept types caractéristiques de terminaisons nerveuses dans la peau des Mammifères, surtout dans le museau de chien. — M. **J. Bruckner** a constaté que le méningocoque attaque le maltose et le glucose dans les bouillons ascite rouge neutre, tandis que le *Micrococcus catarrhalis* n'attaque aucun de ces sucres. — Mlle **Ceaparu** a reconnu que l'intestin est perméable à l'hémolysine, quand elle est introduite à haute dose dans l'estomac. — MM. **G. Marinesco** et **C. Parhon** ont observé que l'ablation de l'appareil

Digitized by Google

thyro-para-thyroïdien chez le chien provoque une diminution de la graisse surrénale. — **M. Al. Obregia** a constaté que, souvent, le liquide extrait par la rachi-ponction cervicale n'est pas identique, cytologiquement, à celui de la ponction lombaire. — **M. G. Proca** a cultivé le bacille fusiforme en symbiose avec le streptocoque ou le *B. subtilis*; il prend alors la forme spirillaire. — **MM. A. Slatineanu** et **D. Danielopol** ont réalisé la fixation du complément sur la tuberculine au moyen d'un sérum antituberculineux.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Mars 1908.

MM. C. V. Drysdale et **Jolley** ont cherché à déterminer de nouveau *l'equivalent mécanique de la lumière*. Ils se sont servis d'un prisme de sulfure de carbone pour isoler l'énergie lumineuse du faisceau total du radiateur étudié. La radiation jaune-vert tombe simultanément sur un bolomètre et sur un photomètre à *test* disposé pour la photométrie hétérochrome. Quand l'équilibre photométrique est obtenu entre cette radiation et la radiation totale provenant d'une lampe à incandescence étalonnée, on mesure l'énergie lumineuse transportée par la radiation $\lambda = 0{,}54\,\mu$ au moyen d'une autre lampe à incandescence dite de comparaison, donnant la même déviation bolométrique que la radiation monochromatique. Les résultats provisoires sont les suivants : Une source idéale fournirait 10 bougies par watt en lumière blanche; une source monochromatique $\lambda = 0{,}54\,\mu$ donnerait 17 bougies par watt. — **M. C. Tissot** décrit un *signal d'appel pour détecteur électrolytique*. Un galvanomètre, intercalé dans le circuit d'un détecteur électrolytique, dévie lorsque le détecteur reçoit une oscillation électrique. Le courant continu qui prend naissance est susceptible de faire dévier un galvanomètre sensible, mais est incapable d'actionner un relais. Le dispositif de l'auteur consiste à utiliser indirectement la déviation d'un galvanomètre à miroir en impressionnant par le faisceau lumineux réfléchi une cellule au sélénium. — **M. Armengaud jeune** présente quelques observations sur *le problème de l'aviation et sa solution par les aeroplanes*. Examinant les théories proposées jusqu'à ce jour pour expliquer le vol des oiseaux, il tire cette conclusion qu'on ne peut pas se servir des valeurs expérimentales trouvées pour le coefficient de la résistance de l'air. L'application des valeurs admises pour ce coefficient (0,085 à 0,13) donne ce résultat singulier que les oiseaux ne devraient pas voler et que les aéroplanes Santos-Dumont, Blériot, Esnault-Pelterie, Farman, n'auraient pas dû quitter le sol. Pour le dernier, il faut grossir ce coefficient jusqu'à 0,5 et plus encore pour les oiseaux. Cette discordance vient de ce qu'on ne connaît qu'imparfaitement les lois des mouvements des fluides; le fils de l'auteur a entrepris une nouvelle détermination de ce coefficient. Mais, selon M. Armengaud, il reste encore quelque chose d'énigmatique dans le phénomène du vol des oiseaux : peut-être l'électricité atmosphérique a-t-elle une influence favorable? Au point de vue mécanique, il y a peu de progrès à faire en ce qui concerne l'allégement des moteurs. Les hélices pourront être un peu améliorées; mais c'est principalement sur les ailes que l'attention doit se porter.

Séance du 20 Mars 1908.

M. H. Amagat montre qu'en se bornant à la thermodynamique des fluides, mais en se plaçant dans le cas très général, — c'est-à-dire en considérant un système formé de parties liquides ou gazeuses, avec ou sans viscosité et frottement, à l'état de mouvement ou de repos, la température ou la pression variant du reste d'un point à l'autre du système et avec le temps, — on peut démontrer *l'extension du théorème de Clausius* sans faire d'hypothèses et en utilisant seulement la formule d'Hydrodynamique donnant l'expression de la pression intérieure d'une masse fluide en mouvement et celle qui donne la même expression dans le cas où il y a viscosité. — **M. A. Lippmann** indique le principe d'un système de photographie destiné à montrer les objets extérieurs en relief et en grandeur naturelle, sans l'aide du stéréoscope. Chaque élément de la plaque est constitué par une petite chambre noire sphérique, analogue à un œil dont la rétine sera remplacée par une couche sensible. La vue est prise sans chambre noire, simplement en exposant la plaque, protégée par un châssis, devant les objets à reproduire. Après développement et fixage, chaque petite rétine porte une photographie grand-angulaire du panorama du monde extérieur. On regarde la plaque en tournant du côté de l'œil le côté qui porte les petites cornées qui ont fourni des images, de façon que chaque photographie élémentaire soit vue à travers l'objectif élémentaire qui l'a fournie. Le résultat est que chaque œil voit, non pas les innombrables images élémentaires, mais une seule image résultante, de même grandeur apparente que les objets réels vus du point où l'œil est placé. Cela tient à ce que toute chambre noire est réversible lorsqu'on éclaire l'image *a* d'un point extérieur A; les rayons émergents redonnent dans l'espace une image aérienne qui occupe la place de A. Le système de ces images réelles est distribué dans l'espace comme l'étaient les points réels A, et il est perçu par chaque œil comme si celui-ci se trouvait devant le modèle primitif. Le point de vue étant différent pour les deux yeux, on a le relief par la vision binoculaire sans stéréoscope. Les yeux composés des insectes sont constitués comme cette plaque et donnent des objets extérieurs une infinité de petites images qu'on peut photographier et que M. Lippmann projette sur le tableau. — **M. Maurice Leblanc** : *De la condensation dans les machines à vapeur*. L'adoption des turbines à vapeur nécessite des condenseurs où le vide soit très élevé. Pour faciliter l'action des pompes, on en emploie une pour extraire l'air; mais ce système a des inconvénients. Aussi on a pensé à remplacer les pompes à piston par des trompes à eau actionnées par des pompes centrifuges. L'auteur lance dans la trompe, non pas un jet d'eau, mais une succession de lames d'eau très minces, englobant entre elles l'air qui les sépare. Pour obtenir ces lames, on se sert d'une turbine à injection partielle, dont les aubes sont mues mécaniquement en face d'un distributeur qui amène l'eau. La pompe à air ainsi constituée, lorsqu'elle n'entraîne pas d'air, ne laisse subsister dans son enveloppe qu'une pression égale à la tension de vapeur de l'eau qui la traverse. Ces pompes sont très simples et maintiennent dans un condenseur à 30° une pression de 30 mm. de mercure. — **M. Alb. Colson** présente ses recherches sur la transformation du phosphore dissous (voir p. 170 et 336).

Séance du 3 Avril 1908.

M. L. Dunoyer : *Sur un compas électromagnétique pour blockhaus, cuirassés et sous-marins*. L'appareil se compose d'une bobine à axe horizontal montée sur un axe vertical pouvant recevoir un mouvement rapide au moyen d'un petit moteur suffisamment éloigné; sur cette bobine sont enroulés deux circuits identiques dont les extrémités sont reliées respectivement aux deux demi-bagues d'un collecteur formé d'un anneau métallique coupé aux extrémités d'un même diamètre; les deux collecteurs, isolés l'un de l'autre, sont identiques et montés sur l'axe vertical de rotation. Deux paires de balais frottent sur eux en des points de contact situés aux extrémités de deux diamètres rectangulaires, dont l'un est parallèle au plan de symétrie longitudinal du navire; chaque paire est reliée à un galvanomètre situé dans l'appareil récepteur; les deux galvanomètres ont leurs axes perpendiculaires et sont munis de miroirs qui forment sur une glace dépolie les images de deux traits lumineux perpendiculaires entre eux, se croisant au centre de la glace où ils figurent

Digitized by Google

deux axes Ox et Oy. Quand la bobine du transmetteur est en mouvement, les deux traits se déplacent et viennent en des positions $O'x'$ et $O'y'$; on montre que le vecteur OO' est équipollent au champ magnétique au centre du transmetteur. On connaît donc à la fois la direction du champ et son intensité. On place le transmetteur en un endroit protégé, mais possédant cependant un champ moyen aussi intense que possible. Le récepteur est placé sous les yeux du commandant. Quand le navire fait un tour d'horizon, on montre que le point de croisement des traits lumineux décrit sur la glace dépolie le dygogramme elliptique du Ct Guyou. Après avoir fait tourner le transmetteur tout entier d'un angle égal à l'angle du grand axe de l'ellipse avec Ox, ce qui rétablit la symétrie apparente des fers doux par rapport au transmetteur, un second tour d'horizon donne une ellipse à axes parallèles aux axes de coordonnées. Pour achever la compensation, on centre l'ellipse sur la rose en décalant les positions de zéro des galvanomètres, de manière qu'elles se coupent au point symétrique du centre de l'ellipse par rapport au centre de la rose; on introduit alors dans le circuit d'un des galvanomètres une résistance convenable pour que le grand axe de l'ellipse devienne égal au petit axe. — **M. Ed. Belin** présente son appareil de téléphotographie, le téléstéréographe (voir la *Revue* du 15 janvier 1908, p. 4). — **M. J. Blondin** décrit quelques *nouveaux appareils pour la transmission à distance des dessins et photographies*. 1. Dans le *télé-autograveur Carbonnelle*, au poste transmetteur se trouve un cylindre métallique sur lequel est enroulé le dessin ou la photographie à transmettre; le cylindre est relié à l'un des pôles d'une pile; un style frottant sur le dessin est en communication avec l'un des fils de transmission. Au poste récepteur est un second cylindre animé d'un mouvement synchrone à celui du premier et sur lequel est enroulée une feuille métallique (plomb, étain, aluminium, cuivre), ou une feuille de gélatine, de celluloïd, ou simplement quelques feuilles de papier blanc séparées par du papier carbone; sur cette feuille vient appuyer un poinçon fixé au centre de la membrane d'un téléphone relié à la ligne de transmission. On conçoit que toute variation de l'intensité du courant transmis se traduit par un mouvement de la membrane téléphonique, dont le poinçon appuie plus ou moins fortement sur la feuille recouvrant le cylindre récepteur. Pour la transmission des dessins ou de l'écriture, il suffit que ces dessins ou écriture soient reportés, photographiquement ou par tout autre procédé, en traits isolants sur une feuille conductrice qu'on enroule sur le cylindre transmetteur. Pour la transmission des photographies et la reproduction des demi-teintes qu'elles présentent, M. Carbonnelle dit employer divers procédés sur lesquels il ne peut fournir de renseignements détaillés; l'un d'eux consisterait à utiliser les variations de conductibilité électrique que présentent les différentes régions d'une épreuve photographique. Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants, comme le montrent quelques photographies gravées sur gélatine ou sur celluloïd, les unes et les autres obligeamment envoyées par M. Carbonnelle. La rapidité de transmission que permet d'obtenir ce procédé est à signaler. Dans des essais officiels, faits le 1er mars 1907, sur la ligne Bruxelles-Anvers et retour (90 kilom.), un portrait du roi Léopold, de 9 × 18 centimètres, a été transmis en quatre-vingt secondes; l'inventeur est d'ailleurs parvenu à des résultats encore meilleurs, car actuellement il estime pouvoir graver une surface de 200 centimètres carrés en une minute. Cette rapidité de transmission permet au système Carbonnelle de se placer en tête des appareils télégraphiques les plus rapides. 2. Dans le *téléphotographe Berjonneau*, la photographie à transmettre est d'abord convertie en un cliché de simili-gravure analogue à ceux qu'on emploie dans l'impression. On obtient ainsi un véritable dessin par points sur feuille métallique, les parties claires se distinguant des parties foncées par une moins ou plus grande densité des points. Ce cliché étant enroulé sur un cylindre tournant, relié à un pôle d'une pile, et un style relié à une ligne télégraphique étant appuyé sur le cliché, on obtient une série d'interruptions de courant plus ou moins rapides. Au poste récepteur, un galvanomètre ouvre plus ou moins, suivant l'intensité moyenne du courant transmis, un obturateur interposé entre une source lumineuse et une pellicule photographique enroulée sur un cylindre tournant synchroniquement avec le cylindre transmetteur. M. Blondin n'a pu se rendre compte des résultats obtenus par ce procédé, l'inventeur ne lui ayant pas montré ses appareils et ne l'ayant pas convié, bien qu'il lui en eût fait la demande, aux essais qui ont lieu actuellement. 3. M. Blondin indique très rapidement les principes de quelques autres appareils téléphotographiques qui semblent n'avoir pas encore donné lieu à une réalisation pratique : le *système Senlecq-Tival*, qui utilise les variations de conductibilité des épreuves photographiques sur gélatine bichromatée et imprégnée de poudres métalliques; le *système Rodolfo Leonardi* (voir la *Revue* du 30 mars 1908, p. 215); le système Guillen Garcia (voir la *Revue* du 30 novembre 1907, p. 906).

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 Avril 1908.

M. Eury, en faisant bouillir HgO avec l'antipyrine en solution aqueuse, a obtenu une combinaison cristallisée, F. 180°, composée d'un atome de Hg pour deux molécules d'antipyrine. C^2H^5I réagit sur ce corps en donnant un iodomercurate d'éthylantipyrine, F. 202°, qui, traité par H^2S, perd Hg pour former un iodhydrate d'éthylantipyrine. CH^3I donne des réactions analogues. — **MM. G. Darzens** et **H. Rost** exposent une nouvelle méthode de préparation des carbures homologues du naphtalène, qui consiste à réduire, par la méthode de Sabatier et Senderens, les alkylnaphtylcétones. Ces cétones se préparent facilement par l'action des chlorures d'acides sur le naphtalène en présence de $AlCl^3$ et de CS^2. On peut séparer les isomères α et β qui se forment simultanément, grâce à l'acide picrique (Rousset). La réduction de ces cétones est des plus faciles et l'on constate même une élévation de température qui nécessite un réglage de la température. MM. Darzens et Rost ont pu ainsi préparer l'α- et le β-éthylnaphtalènes, ainsi que les α- et β-isobutylnaphtalènes, carbures nouveaux et différents de l'isobutylnaphtalène de Baur, qui est un butylé tertiaire par suite de l'isomérisation due à $AlCl^3$. — **M. E. Léger**, à propos d'un composé chloré obtenu au cours de ses études sur les aloïnes, décrit une modification avantageuse qu'il a apportée au procédé de préparation du *trichlorophénol* $C^6H^2(OH)Cl^3$ (1 : 2 : 4 : 6) de Chandelon. Ce trichlorophénol, étant traité par un mélange d'acide nitrique ($d = 1,41$) et d'acide chlorhydrique pur, se transforme en un mélange de quinones tri- et tétrachlorées, qu'il est ensuite facile de séparer par des cristallisations dans l'alcool à 95 %. — **M. J. Meunier** considère l'incandescence par les manchons comme un phénomène de combustion sans flamme localisée à la surface irradiante, suivant son étude précédemment communiquée. Quand un manchon devient incandescent, la flamme qui a servi à l'allumer disparaît; par suite de la localisation du foyer, si la flamme reparaît, l'incandescence perd son intensité. Dans une flamme éclairante, chaque particule de charbon en excès est un foyer de combustion locale attirant une atmosphère d'oxygène et disparaissant. Si l'on fournit beaucoup d'air extérieurement, l'éclat est très vif; si l'air manque, la flamme est fuligineuse; enfin, si l'on alimente la flamme par l'oxygène pur, l'incandescence acquiert son maximum. De même, les oxydes devenant incandescents attirent l'oxygène, le sélectionnant plus ou moins de l'azote suivant une propriété spécifique variable avec les oxydes et surtout leurs mélanges, *propriété que l'auteur n'est nullement en état d'expliquer*. Mais ce qui est certain, c'est que la température

Digitized by Google

d'oxydes différents portés à l'incandescence dans une même flamme n'est pas la même. L'observation directe et les mesures publiées, en 1898, par MM. Le Chatelier et Boudouard, ne laissent pas de doute à ce sujet. Cela tient à ce que ces oxydes n'attirent pas l'oxygène avec la même force. Il n'est donc pas nécessaire, pour expliquer le phénomène de l'incandescence d'une manière générale, de supposer qu'il se fait une succession de réductions et d'oxydations extrêmement rapides comme l'a fait M. Auer en 1901. — M. l'abbé **Senderens** expose les résultats obtenus dans la déshydratation catalytique de l'alcool éthylique au moyen du sulfate de calcium. Le gypse et la pierre à plâtre, qui renferment deux molécules d'eau, donnent, au-dessous de 400°, un gaz qui renferme plus de 90 °/₀ d'éthylène. Au contraire, l'anhydrite commence à dédoubler l'alcool vers 460° et le gaz renferme à peine 14,3 °/₀ d'éthylène, le reste étant de l'hydrogène avec un peu de méthane. De même, si on chauffe le gypse longuement au-dessus de 400°, ou si on le calcine deux heures au rouge, de manière à le rendre inapte à reprendre l'eau, il se comporte comme l'anhydrite. L'auteur, à la suite de ces faits et d'autres du même genre qu'il a rencontrés dans la silice, l'alumine, les phosphates, etc., émet l'opinion que la déshydratation par ces catalyseurs serait due à la formation d'hydrates temporaires. Il s'ensuit que, si un catalyseur est apte à reprendre de l'eau après la calcination, celle-ci ne modifiera pas les résultats, et ce cas se présente dans le silicate d'aluminium et les diverses argiles. Toutefois, la constitution moléculaire du catalyseur entre en jeu dans la déshydratation, ainsi que le montre le kaolin, qui ne se comporte comme les argiles qu'après avoir été calciné au rouge.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 30 Janvier 1908.

Sir **N. Lockyer** : *Sur les observations du Soleil et des étoiles faites dans quelques cercles de pierres britanniques. III. Les cercles d'Aberdeen.* L'auteur a reconnu, dans le comté d'Aberdeen, quatre séries de cercles de pierres : 1° trois étaient probablement destinés à enregistrer le lever du Soleil au solstice d'été; 2° deux autres étaient destinés à l'observation du lever du Soleil au commencement de l'année de mai; 3° quinze cercles étaient destinés à des observations d'étoiles, probablement Arcturus et Capella; 4° enfin, quatre cercles indiquaient le nord vrai. La méthode employée pour les observations était la suivante : Une longue pierre couchée était placée généralement entre deux des pierres dressées du cercle même; la direction du Soleil levant ou de l'étoile était obtenue en regardant à travers le cercle à angle droit avec la direction de la pierre couchée. — Mme **H. Ayrton** a étudié *le mouvement non périodique ou résiduel de l'eau se mouvant en ondes stationnaires.* Ce mouvement résiduel prend la forme de deux séries principales de vortex dans chaque demi-onde stationnaire : les vortex extérieurs s'étendent du ventre jusqu'au nœud au sommet et au fond, mais embrassent les vortex intérieurs au milieu; la paire intérieure, entièrement entourée par la paire extérieure, possède sa partie la plus large à un ventre et se termine en pointes près du fond, entre ce ventre et les nœuds correspondants. La longueur et la hauteur de la paire intérieure de vortex dépendent de la profondeur de l'eau, la longueur diminuant régulièrement lorsque la profondeur de l'eau augmente, et la hauteur augmentant jusqu'à ce que la profondeur de l'eau soit d'environ un huitième de la longueur d'onde, puis diminuant quand la profondeur s'élève jusqu'à la moitié de la longeur de l'onde, pour se réduire pratiquement à rien. La paire extérieure de vortex, puisqu'elle entoure entièrement la paire intérieure, croît naturellement quand celle-ci diminue, jusqu'à ce qu'enfin, quand la profondeur de l'eau est la moitié d'une longueur d'onde et que les vortex intérieurs cessent d'exister, la longueur entière de la demi-onde est occupée par les deux vortex résiduels oblongs se mouvant d'un ventre à un nœud au-dessus et d'un nœud à un ventre au-dessous, le mouvement vertical étant dirigé vers le haut au ventre et vers le bas au nœud. — M. **F. J. Jervis-Smith** a constaté que, lorsqu'une ampoule en verre dans laquelle on a fait le vide est mise en rotation dans un champ électrostatique, une lueur apparaît dont l'intensité varie avec la vitesse de rotation, tandis que la position de la lueur maximum change avec la direction de la rotation. Le champ magnétique agit sur cette lueur, en la déviant dans une direction qui dépend de la rotation de l'ampoule, de la charge de l'inducteur et de la position du pôle magnétique. — M. **W. Burton** présente ses *recherches sur l'indice de réfraction et la dispersion de la lumière dans l'argon et l'hélium.* Voici les résultats obtenus, avec, comme point de comparaison, les valeurs données par **Mascart** pour l'hydrogène :

Indice de réfraction, réduit à 0° et à 760 mm. de pression, pour la ligne D_1.

Argon	1,000.283.7
Hélium	1,000.035.00
Hydrogène	1,000.138.7

Pour la dispersion, donnée par l'équation :

$$n-1=a\left(1+\frac{b}{\lambda^2}\right),$$

les coefficients sont :

	a	b
Argon	$5,6\times10^{-11}$	0,000.279.2
Hélium	$2,2\times10^{-11}$	0,000.034.78
Hydrogène	$4,3\times10^{-11}$	0,000.137.6

Les valeurs de a/b pour ces trois substances sont approximativement dans le rapport 3 : 1 : 2.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 10 Avril 1908.

MM. **W. H. Bragg** et **J. P. V. Madsen** communiquent leurs *recherches sur la nature des rayons* γ. Les auteurs arrivent à la conclusion que la théorie qui fait des rayons γ des pulsations de l'éther est incorrecte, et ils apportent la preuve expérimentale que ces rayons sont de nature matérielle et consistent en paires neutres. Si, en effet, les rayons γ étaient des ondes de l'éther, la radiation secondaire qu'ils produisent en traversant normalement une plaque assez mince pour que l'absorption soit négligeable devrait être égale des deux côtés de la plaque; or, les expériences des auteurs prouvent qu'il n'en est rien. — Mlle **D. D. Butcher** présente ses *expériences sur les fulgurites artificielles.* Les fulgurites sont des tubes formés par la foudre tombant sur du sable ou de la roche et les faisant fondre. Il y a deux sortes de tubes, — les uns durs, à parois épaisses; les autres doux, à parois vitreuses, — attribués par Fiedler les premiers à l'électricité positive, les seconds à l'électricité négative. L'auteur a reproduit artificiellement les fulgurites. Elle a observé que les tubes artificiels sont formés par la fusion de la poudre qui entoure la colonne d'air traversée par l'étincelle. La longueur et l'épaisseur du tube dépendent de l'énergie de l'étincelle, et aussi de son caractère unidirectionnel ou oscillatoire. Il n'y a pas de différence appréciable entre les deux extrémités d'un tube artificiel si les deux électrodes sont semblables. Quand une électrode est formée par une pointe et l'autre par un plan, toute ramification qu'on peut observer est dirigée vers le plan, quelle que soit l'électrode qui est positive. Dans la Nature, le plan peut être représenté par la couche inférieure humide du sol; on ne peut donc dire, d'après le caractère du tube, si la décharge de la foudre provenait d'un nuage positif ou négatif. La différence entre les tubes épais et minces est due probablement à une différence dans la

Digitized by Google

finesse de l'éclair et dans l'effet explosif résultant. Quand l'effet explosif est grand et que la quantité de matière fondue est petite, on obtient un tube à parois minces et à grand diamètre. — **M. W. Duddell** présente ses recherches sur le *phénomène de l'étincelle courte*. En introduisant dans le circuit secondaire d'une bobine à induction une coupure à étincelle microscopique, l'auteur a observé une énorme augmentation du courant de racine carrée moyenne, mesuré au thermo-ampèremètre. Cette augmentation atteint un maximum pour une coupure de 1,4 millimètres. L'auteur pense que cet effet est dû à des oscillations de très haute fréquence déclanchées dans les fils reliés au circuit secondaire de la bobine.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 26 Mars 1908.

Séance anniversaire annuelle. La Société procède au renouvellement de son Bureau, qui est ainsi composé :

Président : Sir **William Ramsay**;

Vice-présidents : **MM. J. C. Brown, J. J. Dobbie, F. S. Kipping, R. Messel,** Sir **Al. Pedler** et **W. H. Perkin**;

Trésorier : **M. Al. Scott**;

Secrétaires : **MM. M. O. Forster** et **A. W. Crossley**;

Secrétaire pour l'Etranger : **M. H. T. Brown.**

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 13 Février 1908.

M. J. H. Stansbie a étudié *l'action de l'acide nitrique sur le cuivre, le bismuth et l'argent* dans une atmosphère d'hydrogène. Dès que l'acide arrive au contact du cuivre, il se dégage AzO^2 et l'évolution de ce gaz se poursuit tranquillement pendant toute la dissolution. Il en est de même pour Bi, mais le dégagement de gaz est moins grand que pour Cu. Enfin, pour Ag, le gaz AzO^2 ne se dégage qu'en petite quantité vers la fin de la réaction. Les trois solutions renferment des nitrates et des nitrites des métaux essayés.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 15 Janvier 1908.

M. J. T. Conroy : *Sur certains dépôts des sels de fer.* L'un de ces dépôts consiste en cristaux vert pâle trouvés au fond des cristallisoirs: ils correspondent au sulfate ferreux à $5H^2O$. Un second dépôt consiste en chlorure ferreux, trouvé dans le surchauffeur d'un décomposeur Deacon. Enfin, on a trouvé dans les tuyaux et au fond d'un condenseur Deacon de l'hexachlorobenzène, provenant sans doute de l'action du Cl sur les matières goudronneuses.

SECTION DE LONDRES

Séance du 6 Avril 1908.

M. W. Smith présente un échantillon de murexide datant de 1863 et un morceau de coton teint avec cette couleur sur mordant au plomb. — **MM. J. L. Baker** et **H. F. E. Hulton** présentent leurs recherches sur la « force » des farines de blé, c'est-à-dire leur capacité de former des pains bien tassés; cette qualité se trouve en relation avec l'activité enzymatique de la farine, la présence d'hydrates de carbone solubles, les constituants minéraux et le gluten. —**MM. Th. A. Henry** et **S. J. M. Auld** ont reconnu depuis quelques années la *présence de glucosides cyanogénétiques dans un certain nombre de plantes alimentaires* :

PLANTE	GLUCOSIDE	PRODUITS DE DÉCOMPOSITION
Lotus arabicus . . .	Lotusine. . . .	Lotoflavine, *d*-glucose et HCAz.
Sorghum vulgare . .	Dhurrine. . . .	*p*-hydroxybenzaldéhyde, *d*-glucose et HCAz.
Phaseolus lunatus (haricots de Lima, de Rangoon ou de Java) . . . . . *Linum usitatissimum* (lin). . . . . *Manihot utilissima* (cassava ou manioc)	Phaséolunatine.	Acétone, *d*-glucose et HCAz.

On a noté de nombreux cas d'empoisonnement provenant de la consommation de ces diverses plantes, par suite de la décomposition enzymatique du glucoside qu'elles contiennent, avec libération d'acide cyanhydrique. Il n'est prudent de consommer ces substances que si l'enzyme qu'elles renferment a été rendue inactive et si les glucosides ne sont pas décomposables par les sucs intestinaux.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 7 Février 1908.

M. J. H. Lester présente une forme pratique de générateur de vapeur chauffé au gaz, qui réalise une grande économie d'espace et de combustible. — **M. F. W. Skirrow** indique un procédé pour déterminer les hautes températures dans les opérations industrielles et permettant d'avertir les ouvriers si telle ou telle température-limite est dépassée. Il consiste dans l'emploi d'un certain nombre de tubes de fer, renfermant des substances de point de fusion connu et dont la fusion est indiquée par l'enfoncement d'une tige métallique. — **M. Edm. Knecht** décrit un procédé volumétrique pour la détermination des chlorates. Il consiste à réduire ceux-ci par le chlorure titaneux, d'après l'équation : $6TiCl^3 + KClO^3 + 6HCl = 6TiCl^4 + KCl + 3H^2O$. On détermine l'excès de $TiCl^3$ par l'alun de fer en présence de sulfocyanure de potassium.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 20 Mars 1908.

M. H. de B. Parsons étudie les divers *modes de traitement des ordures ménagères*, en s'arrêtant particulièrement sur le procédé dit « de réduction », — qui consiste à extraire l'huile et la graisse des ordures par un solvant, qui laisse un résidu inodore pouvant servir à la fabrication d'engrais, — et sur l'incinération. Le premier procédé conserve une matière qui a une valeur commerciale; mais il nécessite un matériel coûteux et est exposé au danger d'incendie. Le second détruit toute matière organique et est parfait au point de vue sanitaire; la chaleur dégagée peut être convertie en force; mais il nécessite des chauffeurs expérimentés et peut dégager des odeurs ou fumées désagréables. — **M. E. D. Very** décrit les procédés d'enlèvement et de traitement des ordures de la ville par le Département du nettoyage des rues à New-York. — **M. R. Hering** donne quelques renseignements sur le traitement des ordures dans les principales villes américaines. — **M. J. T. Fetherston** étudie le traitement des ordures de New-York par l'incinération des ordures mêlées. La composition du mélange varie beaucoup suivant les saisons; c'est en septembre qu'il possède la moindre valeur calorifique. — **M. W. F. Morse** décrit quelques installations spéciales pour la destruction des déchets dans des institutions publiques ou des bâtiments privés. — **M. E. H. Foster** donne la description de l'incinérateur d'ordures Heenan.

Digitized by Google

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 25 Mars 1908.

M. J. T. Wood présente ses recherches sur les *composés de la gélatine et du tanin*. Les expériences montrent que la combinaison de la gélatine et du tanin n'est ni purement chimique, parce que le composé gélatine-tanin n'a pas une composition constante, ni purement physique, puisqu'il n'obéit pas aux lois des solutions qui exigent que la concentration du tanin dans la solution et celle du tanin dans la gélatine soient dans un rapport constant. Le mode de combinaison ressemble beaucoup à celui de la gélatine avec HCl. Il est probable qu'il existe plusieurs composés de tanin et de gélatine et que, dans les premiers stades, il n'y a que certaines liaisons qui soient saturées par le tanin.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 18 Mars 1908.

M. J. Grossmann étudie la *récupération des composés cyanogénés dans la distillation sèche de la houille* et *le traitement des effluents des colonnes à ammoniaque*. L'auteur rappelle que tout le cyanogène dans le gaz d'éclairage brut existe à l'état d'acide cyanhydrique ou de cyanure d'ammonium; les sulfocyanures ou ferrocyanures sont le produit de réactions secondaires. Le cyanogène se récupère le mieux des liqueurs ammoniacales à l'état de ferrocyanure, et cette extraction donne un produit entièrement soluble si elle s'opère avec un composé de fer en présence d'un excès suffisant de sulfure d'ammonium. Le composé de fer le plus approprié est le sulfure ferreux. L'auteur a trouvé, d'autre part, qu'on peut éliminer tous les sulfates des effluents des colonnes à ammoniaque en les traitant par le carbonate de baryum.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 21 Février 1908 (fin).

M. R. Börnstein présente un Mémoire relatif aux *lancers de petits ballons-sondes destinés aux observations météorologiques*. Ce procédé promet de rendre des services surtout pour la prévision du temps, les revirements atmosphériques étant accusés par des variations de la trajectoire, observées au moyen d'un théodolite dont l'oculaire se maintient à hauteur toujours égale et en direction constamment horizontale. Les croquis joints au Mémoire original représentent les projections, sur le plan horizontal, des trajectoires observées; les chiffres placés près des courbes notent la durée du vol en minutes. Toutes les fois qu'un centre de pression atmosphérique est déplacé par le vent, il se produit une rotation, droite ou gauche, suivant la position relative du lieu d'observation. Comme, cependant, l'intensité du vent dans les couches supérieures l'emporte en général sur celle des couches inférieures exposées au frottement du sol, la portion supérieure du centre de pression se trouve en avance. Comme, par conséquent, le ballon-sonde rencontre dans les hauteurs des vents dont la présence ne se manifestera que plus tard sur le sol une courbure droite ou gauche de la trajectoire projetée sur le sol fait voir que le lieu de départ se trouve à droite ou à gauche respectivement du déplacement du centre de pression. — **M. F. Grünbaum** adresse une Note sur *un effet plastique de contraste des couleurs*. L'auteur discute les effets stéréoscopiques dus aux couleurs de contraste et qu'on observe à l'œil nu. Ces phénomènes (analogues à ceux que M. Grimsehl indiquait récemment dans la *Physikalische Zeitschrift* dans la contemplation à travers les lentilles) sont étudiés sur un grand nombre de personnes, avec des résultats assez concordants. L'auteur donne la liste des couleurs apparaissant plastiques dans une combinaison de couleurs donnée. Il croit possible que ce phénomène comporte deux effets qui se superposent : d'un côté, l'on constate la saillie des couleurs à grande longueur d'ondes sur celles à courte longueur dans l'ordre du spectre et, de l'autre, la luminosité d'une couleur semble favoriser son action plastique. Ces phénomènes se compliquent, du reste, par les images commémoratives (résiduelles) qui affectent le jugement de beaucoup de personnes.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Mars 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. E. E. Levi** considère un cas particulier du problème de Cauchy pour les équations à caractéristiques réelles et séparées. — **M. E. Bartolotti** : Sur le calcul des infinis. — **M. G. Fubini** poursuit son étude sur l'influence d'une couche diélectrique dans un champ électromagnétique. — **M. M. Picone** s'occupe des théorèmes d'existence pour les intégrales d'une équation différentielle linéaire ordinaire, satisfaisant à une nouvelle classe de conditions. — **M. L. Silla** présente une étude sur l'instabilité de l'équilibre d'un système matériel en des positions non isolées.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. L. Amaduzzi** donne la description des expériences faites par lui pour étudier la distribution du potentiel le long d'une étincelle. — **M. O. Scarpa**, remarquant que la théorie des solutions diluées de Van t'Hoff s'appuie sur l'égalité numérique des coefficients de température de la pression des gaz et de la pression osmotique, et que cette égalité dérive d'un petit nombre de données expérimentales, a exécuté de nombreuses expériences pour vérifier la loi de Van t'Hoff sans faire usage de membranes. — **MM. E. Paterno** et **M. Cingolani** s'occupent de quelques dérivés de l'épichlorhydrine, dont ils étudient le mécanisme de formation et la constitution. — **M. A. Angeli** a étudié l'action de l'acide benzylique sur la diméthylurée. — **MM. G. Bargellini** et **C. Gialdini** présentent le résultat de leurs recherches sur l'action de l'ozone sur la santonine, entreprises pour arriver à des connaissances nouvelles sur la constitution de ce dernier corps. — **MM. E. Morelli** et **G. Martelli** décrivent une série de transformations des nitrosopyrrols. — **M. M. Cingolani** a entrepris des recherches sur les séléniates de cérium et sur les différents états d'hydratation de ces sels. — **M. R. Ciusa** étudie l'action du nitrobenzène sur les aldéhydophénylhydrazones à la lumière. — **M. A. Mieli** expose et illustre une nouvelle conception de l'« élément ». — **M. C. Viola** expose la manière de déterminer les indices principaux de réfraction d'un cristal à deux axes optiques à l'aide de la méthode de la réflexion lumineuse.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. Millosevich** transmet ses observations sur le gisement de zéolithes près de Montresta en Sardaigne; ces zéolithes se trouvent renfermées dans une roche qui est une andésite augitique-hypersthénique. — **M. L. Seguenza** présente une étude du Miocène dans la province de Messine, et il en considère les stratifications et les fossiles, se proposant de réunir ses observations dans une monographie spéciale. — **M. A. Ghigi** présente de nombreuses considérations sur les espèces qui ont donné naissance aux races diverses de nos pigeons domestiques. — **M. G. Noè** décrit le cycle évolutif et les différents états larvaires de la *Filaria Grassii*, et il annonce avoir découvert que l'hôte intermédiaire de ce parasite est une tique, le *Rhipicephalus sanguineus*, et non, comme l'on croyait, les puces et les poux.

ERNEST MANCINI.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La surface de Vénus et sa période rotative. — La planète Vénus continue à dérouter de plus en plus les observateurs. On sait qu'à une certaine époque on avait conclu de diverses observations à une période de rotation de vingt-quatre heures environ. Dans les temps modernes, après les travaux de Schiaparelli, on crut à une période de rotation égale à celle de sa révolution. On comptait beaucoup sur le spectroscope, mais les résultats ont été très contradictoires, et nous nous voyons encore dans l'obligation de recourir à l'examen visuel. Ce dernier procédé est loin d'être facile à employer.

Tous les observateurs s'accordent à dire que la planète, très brillante, laisse à peine soupçonner des taches faibles et fugitives, qu'on pourrait probablement expliquer par des phénomènes d'éclairement. En tout cas, ces aspects sont difficiles à noter et à définir. Ce n'est cependant pas l'opinion de M. Lowell, qui, après avoir enregistré près de 500 canaux sur la planète Mars, met son acuité visuelle au service de la planète Vénus : il prétend que l'image de ses taches est si nette que l'on se croirait en présence d'une fine gravure sur acier. Nous verrons les conclusions auxquelles il est amené après de semblables observations.

Au sommet du Mont Blanc, MM. Stéfanik et Hansky ont pu faire quelques études suivies sur l'aspect de Vénus. La différence dans les détails vus près des pôles et les changements observés près du terminateur leur ont fait supposer que la planète tourne sur elle-même en un temps relativement court. Cette supposition semble, d'ailleurs, avoir été confirmée par la réapparition des mêmes aspects, après un intervalle de vingt-quatre heures environ. Deux séries d'observations, faites les 3 et 4 septembre derniers, ont donné une période de rotation apparente de $23^h\ 20^m$ et $23^h\ 25^m$. Nous voilà revenus à l'ancienne opinion qui avait cours avant les études de M. Schiaparelli.

Il demeure donc évident qu'il est difficile de se former une opinion motivée sur la surface actuelle de la planète. Cependant, là encore intervient un autre facteur qui devrait nous aider et qui, en fait, n'a servi jusqu'ici qu'à obscurcir les données du problème.

Pour ceux qui pensent que nous ne voyons rien de la surface de Vénus, cette planète doit être recouverte de nuages plongés dans une atmosphère extrêmement dense. Un observateur placé sur la Lune ne verrait probablement rien, en raison de l'absorption des couches atmosphériques, des détails de la géographie terrestre. A plus forte raison ne pouvons-nous rien découvrir à travers l'atmosphère vénusienne. La planète, recouverte en grande partie d'élément liquide, est soumise à une action calorifique intense, étant donnée sa faible distance au Soleil. Son atmosphère est donc constamment saturée de vapeur d'eau, et c'est en particulier l'opinion qu'émettait récemment le Professeur W.-H. Pickering. Les masses nuageuses tenues en suspension dans l'atmosphère de notre plus proche voisine nous cachent complètement sa surface.

Cette théorie, très vraisemblable, se trouve néanmoins en contradiction, fait remarquer M. Lowell, avec l'albedo de la planète, c'est-à-dire le pouvoir réfléchissant par unité de surface.

Les planètes dépourvues d'atmosphère ou à atmosphère raréfiée, comme Mars ou la Lune, ont un albedo assez faible, de 0,17 à 0,27. Celles qui sont entourées d'atmosphères épaisses ont, au contraire, des albedos comme la Terre et voisins de 0,75 : c'est l'albedo des nuages que l'on peut mesurer directement et qui est de 0,72. Or, la planète Vénus possède un albedo bien supérieur et voisin de 0,92, et comme les recherches de Véry ont prouvé que la poussière est la principale cause de réflexion dans notre air, immédiatement M. Lowell fit une théorie nouvelle sur l'atmosphère entourant notre voisine.

D'après lui, Vénus tourne très probablement la même face au Soleil. Cet hémisphère perpétuellement échauffé doit être le siège de courants ascendants de convection vers le centre. Des vents secs, soufflant ainsi sur un véritable Sahara, doivent être chargés de poussières.

Nous attendrons de M. Lowell des conclusions moins hypothétiques; si vraiment cet astronome voit la surface de Vénus aussi nettement qu'il le prétend, nous pensons que d'ici fort peu de temps nous posséderons les éléments nécessaires à la solution de la période de rotation de la planète. L'analyse de son atmosphère viendra dans la suite. **Th. Moreux.**

Digitized by Google

La Comète Daniel (1907 *d*). — Le Dr Max Wolf a remarqué les différences frappantes qui existent entre l'aspect visuel de la Comète Daniel et son aspect photographique. Tous les dessins montrent, en effet, un minimum de radiation lumineuse dans l'axe de la queue ou à son voisinage et dans la région opposée au Soleil.

C'est l'inverse qui a lieu dans les photographies, qui montrent un très grand éclat de la queue près de l'axe. De même, les dessins ont montré un aspect de la queue en ligne droite et sous forme de fuseau très étroit, tandis que les photographies ont décelé des bras courts très éloignés de l'axe et presque tous recourbés.

D'après le Dr Holetscheck, la plus grande longueur de la queue a été de 9 degrés le 18 août, jour où la Terre était dans le plan de l'orbite de la comète.

Peut-être le Dr Holetscheck n'a-t-il pas été favorisé par un ciel aussi pur que dans nos régions, car, à plusieurs reprises, à l'Observatoire de Bourges, mes assistants et moi l'avons jugée plus étendue dans la première quinzaine du mois d'août.

Les mesures et les dessins pris en particulier le 12 août indiquent une queue visible à l'œil nu d'au moins 15 degrés. **Th. Moreux.**

Un nouveau procédé pour observer les éclipses de Soleil. — Une intéressante méthode d'observation, se prêtant à la détermination du commencement et de la fin d'une éclipse de Soleil, vient d'être imaginée par M. Th. Wulf[1], qui l'a appliquée pour la première fois, en août 1905, à l'Observatoire de Tortose, sur la côte orientale de l'Espagne. Cette méthode, décrite ci-après, rend l'observateur indépendant des nuages pouvant empêcher l'observation visuelle directe, en s'interposant entre l'astre et la Terre. Elle est basée sur l'emploi du sélénium, qui est très sensible aux variations de la lumière solaire, même diffuse.

Entre les pôles d'un aimant fort en fer à cheval T (fig. 1), on a suspendu un fil mince Q, de cristal de roche ou de quartz, rendu conducteur par un enduit léger en argent. Lorsque ce fil, qui est relié à une pile à sélénium, est traversé par un courant électrique de faible intensité, sa partie moyenne éprouvera, sous l'action de l'aimant, une déviation de sa position naturelle, déviation qui dépend de l'intensité variable du courant.

La pile à sélénium se compose d'une plaque ou d'un cylindre en porcelaine, sur lequel on a enroulé, à peu de distance l'un de l'autre, deux fils minces de platine, enduits d'une couche de sélénium aussi mince que possible, couche qui, étant exposée à la lumière, conduira le courant électrique d'un fil à l'autre. Un intervalle de moins de 1 centième de seconde, comme de nombreuses expériences le démontrent, sépare le moment d'éclairage de la pile de l'oscillation correspondante du fil mince; l'inertie du sélénium est donc tout à fait insensible.

Le projecteur M, comportant une flamme d'acétylène A, projette, à travers la lentille C, sur la pellicule Cr, une image des oscillations du fil Q (représenté en section transversale dans la figure 1). Devant le petit miroir H, on a disposé un pendule frappe-secondes P, oscillant dans la trajectoire B, qui coïncide avec le foyer de H, de façon que le rayon lumineux est caché une fois pendant chaque oscillation (d'une seconde) par la tige du pendule. Le rayon lumineux est projeté à son tour sur la pellicule photographique, où les oscillations du fil de quartz produiront une courbe à inflexions, tandis que la disparition et l'apparition successives du rayon lumineux sur la tige du pendule se traduiront par une ligne régulièrement intermittente. Le commencement des temps (en secondes) est déterminé sans peine.

M. Wulf a été en mesure de réaliser, au moyen de ce procédé, la courbe représentée dans la figure 2 à échelle fortement réduite. Les inflexions de cette

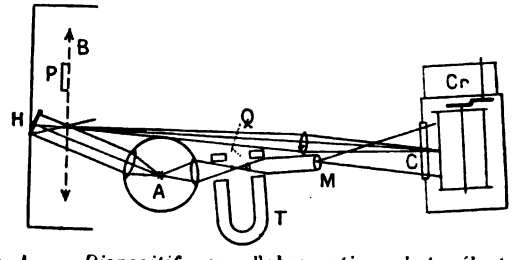


Fig. 1. — *Dispositif pour l'observation photo-électrique des eclipses de Soleil.* — T, aimant en fer à cheval; Q, fil de quartz argenté; M, projecteur; A, source lumineuse; C, lentille; Cr, pellicule photographique; H, miroir; P, pendule frappe-secondes.

courbe, représentative de l'allure de l'éclipse de 1905, de concours avec les marques des temps, permettent de reconnaître le moment de disparition des derniers rayons du Soleil et le moment de leur réapparition. Ce procédé élimine toute erreur d'observation.

Quant à savoir si les moments enregistrés par la pile à sélénium correspondent au point de tangence géométrique des disques du Soleil et de la Lune, il faudra continuer les recherches pour pouvoir élucider cette question.

D'accord avec d'autres méthodes d'observation, ce procédé a permis d'établir que le commencement et la fin de l'éclipse se sont produits 15 secondes plus tôt que suivant les calculs.

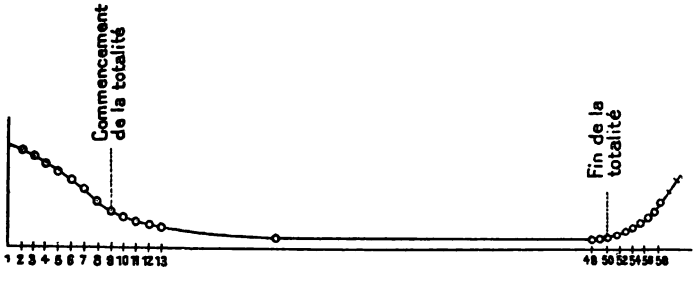


Fig. 2. — *Courbe d'une éclipse de Soleil obtenue avec le dispositif de la figure 1.*

Faisons remarquer, en terminant, que M. Ruhmer, de Berlin, indépendamment des recherches de M. Wulf, applique une méthode analogue, basée sur l'emploi du sélénium, à la détermination des intensités lumineuses et à l'enregistrement des éclipses de Soleil.

§ 2. — Physique

Le quatrième Congrès allemand de Roentgénologie. — Ce Congrès vient de tenir ses assises à Berlin. Parmi les communications qui lui furent présentées, les suivantes méritent particulièrement l'attention :

Le Dr *Eberlein* a signalé l'organisation d'une exposition et l'ouverture prochaine d'un musée représentant le développement de la technique des rayons X.

M. *Walter*, physicien à Hambourg, a analysé et examiné un assez grand nombre de plaques photographiques qu'on trouve dans le commerce sous la désignation de « plaques à rayons X », mais qui ne présentent, en général, point de différence marquée dans la manière dont elles se comportent vis-à-vis des rayons lumineux, d'une part, et des rayons X, de l'autre.

[1] *Elektrotechn. Zeitschrift*, no 48, 1907.

Digitized by Google

Il est vrai que ces plaques présentent assez souvent un surcroît de sensibilité; mais, comme cette circonstance contribue à la formation de « voiles », elle n'offre, tout compte fait, aucun avantage. L'accroissement temporaire des effets exercés sur cette plaque photographique est de 2 1/2 à 3 fois plus grand dans le cas de la lumière que dans celui des rayons X. L'industrie des plaques photographiques a donc, sous ce rapport, des perfectionnements considérables à réaliser.

M. *Cowl* a signalé l'importance qu'aurait une étude physique des processus d'ouverture et de fermeture du courant; il préconise, à cet effet, l'emploi de l'électrodynamomètre de Weber.

Le Dr *Rosenthal*, de Munich, a présenté les résultats de ses recherches sur l'importance des courbes de courants secondaires pour le fonctionnement des ampoules de Roentgen. Il faudrait éviter, dans tous les cas, l'induction de fermeture, et c'est pour assurer ce résultat que l'auteur a construit plusieurs dispositifs spéciaux. Il a précisé quelques données sur la charge admissible des ampoules de Roentgen.

M. *Holzknecht*, professeur de Roentgenologie à Vienne, a ensuite prononcé l'un des discours les plus importants du Congrès : il a traité le problème qui consisterait à faire agir les rayons X sur les parties profondes du corps, avec la même intensité ou une intensité encore plus grande qu'à la surface. La solution de cette question serait évidemment d'un intérêt énorme pour la thérapeutique du cancer et de la tuberculose. En se servant de plusieurs moyens (emploi d'ampoules de Roentgen particulièrement dures, de filtres à rayons X, de plusieurs ampoules agissant à des distances considérables), l'auteur, en collaboration avec M. Schmidt, ingénieur de la Société générale d'Electricité, vient d'arriver à un résultat extrêmement remarquable : il a réussi à concentrer, à l'intérieur du corps, une quantité de radiation équivalente à celle qui en frappe la surface.

A propos de cette expérience, M. *H. Bauer* a discuté la possibilité de produire des rayons X durs, pendant un intervalle de temps aussi considérable que possible, en remplaçant les étincelles d'induction par une autre forme d'énergie. Ceci est absolument indispensable, le courant d'une bobine d'induction ne se prêtant aucunement aux opérations multiples. Aussi M.Bauer se sert-il de vibrations électriques analogues à celles qu'on emploie dans la télégraphie sans fil et qui permettent d'actionner les ampoules de Roentgen avec des quantités d'énergie extrêmement considérables.

Le même physicien vient de construire un dispositif destiné à la pratique de la méthode de *fulguration*, indiquée par le Dr de Keating-Hart, à Marseille, et qui est mise à l'essai actuellement par les sommités du monde médical de Berlin (dont le Professeur Czerny).

Après un compte rendu des effets plastiques réalisés dans les roentgénogrammes, par le Dr Alexander, M. A. R. Fürstenauer a fait la démonstration d'un nouveau régulateur de dureté des ampoules de Roentgen, à savoir, d'un robinet à air, employé par M. Bauer, dans les ampoules de sa construction, pour en régénérer le vide.

Après la démonstration de plusieurs méthodes de mesure nouvelles, l'Assemblée est passée à la discussion du problème des roentgénogrammes rapides ou instantanés, avantageux, en première ligne, en raison des mouvements volontaires ou involontaires des malades et surtout des enfants. De tous les mouvements involontaires, ceux de la respiration sont les plus importants : les adultes eux-mêmes sont incapables de les arrêter pendant le temps nécessaire à l'obtention d'un roentgénogramme ordinaire. En poussant les intensités de courant assez loin au delà des limites actuelles, l'auteur a réussi à obtenir des roentgénogrammes du thorax, pour une tension allant jusqu'à 250 volts et une intensité de 60 à 70 ampères, en 1/20 à 1/25 de seconde, et de l'estomac en 1/3 à 1/2 de seconde. La même méthode permet de réaliser des vues frontales de l'estomac. M. *Fränkel*, de Berlin, a signalé l'importance chirurgicale de ce procédé.

M. *Koch*, de Dresde, a rendu compte des vues roentgénographiques qu'il vient d'obtenir en 1/50 de seconde au moyen d'une interruption de courant unique, opérée d'une façon fort originale, par le projectile d'un pistolet.

La démonstration de photographies en couleurs naturelles, suivant le procédé Lumière, a suscité une certaine sensation. Les échantillons soumis aux membres du Congrès représentaient des tumeurs cancroïdes et tuberculeuses et l'influence exercée sur elles par le traitement roentgénographique.

M. *Gottschalk*, de Stuttgart, expérimente son procédé pour obtenir des roentgénogrammes plastiques dans lesquels les os apparaissent en teintes sombres et les parties non rigides en teintes claires. L'intérêt de ce procédé pour le diagnostic a été illustrée par une série de roentgénogrammes de tumeurs cérébrales.

La fin de la séance a été remplie par l'essai de plusieurs intruments et appareils de construction récente.

Alfred Gradenwitz.

§ 3. — Chimie physique

A propos de la filtration des solutions colloïdales. — Nous recevons, sur ce sujet, la lettre suivante de M. J. Duclaux :

« Monsieur le Directeur,

« La *Revue générale des Sciences* a publié, dans son numéro du 30 mars, l'analyse d'un travail de M. Bechhold, relatif au procédé de filtration des solutions colloïdales au travers des membranes de collodion.

« Le ton de profonde conviction avec lequel M. Bechhold, en de multiples publications, se présente comme l'inventeur de ce procédé, peut faire illusion à ceux qui ne s'occupent pas, par eux-mêmes, des colloïdes. Mais la vérité historique est tout autre : la méthode de filtration sur collodion a été indiquée par MM. Borrel et Manea (*Soc. de Biologie*, t. LVII, p. 317; 1904), appliquée aux colloïdes par M. Malfitano (*Comptes Rendus*, t. CXXXIX, p. 1221; 1904); et, de cette date à celle du premier Mémoire de M. Bechhold, les seuls *Comptes Rendus* ont publié *douze* notes consacrées à l'exposition des résultats ainsi obtenus.

« La revendication de paternité de M. Bechhold doit donc être inscrite avec le numéro treize. C'est un nombre de mauvais augure, et qui, espérons-le, ne lui assurera aucun succès. Il faut convenir, cependant, que personne avant lui n'avait songé à nommer cette technique *ultra-filtration*, ni *ultra-eau* l'eau ainsi filtrée. En ces deux mots se résume le plus clair de la part d'invention de ce chimiste, — de cet ultra-chimiste, veux-je dire.

« Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, etc... »

J. Duclaux,
Préparateur à l'Institut Pasteur.

§ 4. — Chimie

Les causes de la décoloration des liquides par le charbon. — Il y a fort longtemps qu'on s'est aperçu pour la première fois que certains charbons — par exemple, le noir animal — jouissent d'un pouvoir d'absorption plus ou moins considérable vis-à-vis des matières colorantes en solution. On a recherché la cause de ce phénomène, et trois théories sollicitent aujourd'hui l'adhésion des savants : l'une voit dans cette décoloration une action chimique, avec participation du charbon; l'autre une action purement mécanique; enfin, la dernière attribue la décoloration à l'action oxydante de l'oxygène occlus par le charbon.

Malgré la masse de travaux accumulés sur ce sujet, il était impossible de se faire encore une opinion définitive. Aussi deux savants allemands, MM. F. Glassner et W. Suida, ont-ils eu l'idée de reprendre complète-

Digitized by Google

ment l'étude de cette question[1]. Leurs expériences ont porté sur plusieurs sortes de charbons : noir animal, charbon de sang, charbon d'os, charbon de gélatine, charbon d'amadou, suie, charbon de bois, charbon de sucre, et sur une trentaine de matières colorantes, acides et basiques.

Une première conclusion importante se dégage de leurs essais : Les charbons d'origine végétale, exempts d'azote et pauvres en cendres, ne possèdent, vis-à-vis des colorants, de quelque nature que soient ces derniers, qu'un pouvoir d'absorption très minime et qui va en disparaissant rapidement. Par contre, les charbons d'origine animale azotés possèdent, en général, un pouvoir d'absorption variable pour les matières colorantes; la grandeur de ce pouvoir ne paraît pas dépendre seulement de la teneur en azote et en hydrogène, mais aussi en grande partie de la quantité des cendres et de leur nature.

Or, les charbons animaux sont préparés au moyen de substances renfermant des albuminoïdes; ils contiennent des constituants minéraux, parmi lesquels des carbonates alcalins ou alcalino-terreux. Pendant la carbonisation des albuminoïdes, des combinaisons cyanogénées doivent se produire, et d'autant plus facilement qu'il y a plus de carbonates alcalins : ce sont des cyanures et ferrocyanures alcalins et alcalino-terreux, puis des sulfocyanures aux dépens des albuminoïdes sulfurés, qui donnent ensuite naissance aux dérivés polymérisés de la cyanamide connus sous les noms de mélame, mélamine, etc., ou encore à l'amméline et à l'acide mélanurique.

De ces constatations jaillit naturellement l'idée que ces combinaisons cyanogénées des charbons animaux jouent un rôle dans l'absorption des colorants. MM. Glassner et Suida l'ont soumise au contrôle de l'expérience. Ils ont reconnu que : 1° le cyanure de potassium en solution aqueuse froide précipite quelques colorants basiques; 2° les ferro et ferricyanures de potassium et le sulfocyanure de potassium précipitent très bien les colorants basiques, mais non les colorants acides; 3° l'acide mélanurique et l'amméline donnent à chaud avec les solutions de colorants basiques des précipités fortement colorés, avec décoloration de la solution; 4° la mélamine et la mélame décolorent complètement à chaud les solutions de colorants acides.

Ces résultats sont en faveur de l'hypothèse des auteurs, d'après laquelle ce seraient donc les combinaisons cyanogénées des charbons animaux qui transforment les matières colorantes en solution en combinaisons peu ou point solubles.

Si cette hypothèse est exacte, tout traitement destiné à favoriser la formation de combinaisons du cyanogène pendant la carbonisation des substances organiques doit augmenter le pouvoir de décoloration du charbon : c'est ce que l'expérience a confirmé. Si, dans la fabrication des charbons de gélatine ou de laine, doués d'un très faible pouvoir absorbant, on ajoute un peu de carbonate de potasse, qui favorise la formation du dérivés du cyanogène, on obtient des charbons doués d'un haut pouvoir décolorant.

Les travaux de MM. Glassner et Suida semblent donc donner la solution à peu près définitive d'un problème qui a exercé pendant longtemps la sagacité des chercheurs.

§ 5. — Géologie

Travaux de Géologie et de Paléontologie coloniales au Muséum d'Histoire naturelle. — Sur la demande d'un certain nombre de professeurs du Muséum, M. Edmond Perrier, membre de l'Institut, Directeur du Muséum, a proposé aux Gouverneurs généraux des Colonies la création, dans le Laboratoire colonial de cet Etablissement, d'un poste de chef des travaux de Géologie et de Paléontologie coloniales.

Comme tous les services du Laboratoire colonial, ces travaux seront placés sous la direction des professeurs compétents: c'est ainsi que le nouveau chef des travaux pourra être installé dans un local du Laboratoire de Paléontologie, dirigé par M. le Professeur Marcellin Boule. Il y trouvera un outillage organisé, une bibliothèque installée, des collections de comparaison[1].

Plusieurs des Gouverneurs généraux ayant donné à ce projet leur concours financier et moral, M. Edmond Perrier a proposé pour cette nomination M. Paul Lemoine, docteur ès sciences, qui s'est déjà beaucoup occupé des questions de Géologie coloniale et plus particulièrement de Madagascar, de l'Afrique occidentale et du Congo.

Pour faciliter sa tâche, M. Paul Lemoine compte, d'ailleurs, sur l'aide des initiatives privées, parmi lesquelles ne lui feront pas défaut celle du *Comité d'Etudes scientifiques africaines* et de la *Revue générale des Sciences*, qui ont déjà fait de nombreux efforts dans la direction qu'il compte suivre.

Les Colonies françaises sont encore parmi les pays du monde dont la constitution géologique est la plus mal connue; il y reste d'énormes surfaces, couvertes de postes français, sillonnées d'itinéraires et sur la nature du sol desquelles on ne sait absolument rien. Or, la Géologie est une science où les applications pratiques sont trop nombreuses et trop immédiates pour qu'une telle lacune ne soit vraiment regrettable, à la fois au point de vue de la science pure et des intérêts des Colonies.

L'organisation des Services géologiques locaux, l'institution de Missions scientifiques à longue durée, permettront sans doute de combler quelques-uns de ces vides; mais la tâche est trop vaste pour qu'elle puisse être l'œuvre de quelques-uns; elle doit être l'œuvre de tous.

L'étude préliminaire doit être faite par les coloniaux eux-mêmes; ce sont leurs découvertes, si minimes soient-elles, leurs échantillons[2], si rares soient-ils, qui, accumulés et synthétisés, fourniront les documents nécessaires à l'établissement de cartes géologiques provisoires, que des professionnels reverront et compléteront plus tard. En revanche, on leur dira quelle importance et quelle utilité ont leurs matériaux, quel parti ils peuvent en tirer, comment il faut, à cet effet, orienter leurs recherches nouvelles.

Il y a là une œuvre à tenter, utile à la fois pour le savant et pour le colonial, une œuvre d'aide mutuelle où l'on voudrait voir réaliser, pour le plus grand bien de nos colonies, l'union de la science pure et de la pratique coloniale.

La première chose à faire est, continuant l'œuvre plus que centenaire du Muséum, de se mettre en

[1] *Annalen der Chemie*, t. CCCLVII, n° 1, p. 95-128.

[1] On sait que c'est au Laboratoire de Paléontologie du Muséum qu'ont été élaborés les principaux travaux sur la Géologie de Madagascar. Sans parler des importants Mémoires, purement scientifiques, publiés sous le titre général de « Paléontologie de Madagascar » par MM. Boule, Robert Douvillé, Paul Lemoine, A. Thévenin, on ne saurait oublier la récente et très importante découverte, faite récemment par M. Marcellin Boule, de reptiles permiens à Madagascar, découverte si riche d'espérances pour l'avenir houiller de la grande île.

On sait, d'autre part, qu'au Laboratoire de Géologie du même Etablissement, sous la direction de M. le Professeur Stanislas Meunier, se trouvent la plupart des collections rapportées par diverses Missions de différents pays exotiques. Par suite de l'insuffisance numérique du personnel, une petite partie seulement a pu être étudiée.

Il convient, enfin, d'attirer l'attention sur les importants travaux effectués sur la Minéralogie des Colonies françaises par M. Lacroix, professeur, membre de l'Institut. Il existe d'ailleurs un chef des travaux de Minéralogie coloniale extrêmement actif, M. de Romeu, qui, malgré sa récente nomination, a déjà publié d'intéressantes Notes sur les colonies (Sahara, Nouvelle-Calédonie...).

[2] Il va sans dire que tous ces documents seront déposés dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle.

Digitized by Google

rapports avec les militaires, administrateurs, colons..., revenant des pays d'outre-mer, de leur demander la communication de leurs échantillons et d'en faire une étude rapide, signalant les faits saillants et permettant d'apercevoir les conséquences pratiques des matériaux rapportés. On se rendra compte ainsi si ces documents nécessitent une étude approfondie par des techniciens; dans ce cas, les professeurs compétents les adresseront à ces spécialistes.

En échange de ces matériaux ou pour les mettre à même de les rapporter, il est indispensable, et c'est là l'un des rôles essentiels d'un Laboratoire colonial, de donner aux voyageurs partant pour une colonie les renseignements qui leur sont nécessaires. Il ne s'agit pas, d'ailleurs, de renseignements généraux et vagues, convenant à tous, mais de renseignements précis et détaillés, s'adaptant à chaque cas particulier, portant sur un point défini, sur une région déterminée. A cet effet, le chef des Travaux de Géologie coloniale possédera, *sur fiches*, les renseignements bibliographiques et autres sur les diverses questions ressortissant de son domaine; ce travail est déjà commencé pour plusieurs de nos colonies; il sera complété peu à peu pour les autres.

Ces renseignements bibliographiques ne sont pas les seuls que l'on doive accumuler; tout n'est pas publié parmi les documents que l'on possède sur nos colonies lointaines; il faut que l'on puisse savoir, à un moment donné, où trouver les matériaux inédits sur une question. Un catalogue sur fiches des collections, relatives aux colonies, déposées dans nos grands Etablissements publics, s'impose donc; il sera facile à réaliser parce que, dans beaucoup d'entre eux, en particulier au Laboratoire de Géologie du Muséum, il n'y aura qu'à copier les fiches existantes et à les centraliser.

On pourra, enfin, constituer une collection de livres, de périodiques, de cartes, se rapportant à la Géologie des Colonies. Ce sera l'œuvre du temps et de la générosité de chacun.

A la vérité, ce sera là un peu un *Office de renseignements géologiques* sur les colonies; mais où les placer ailleurs que dans les Laboratoires de notre Muséum national? Là seulement il peut être tenu à jour et être constamment au courant des dernières données acquises; là seulement il aura le contact permanent et la collaboration précieuse des savants de la Métropole.

Tout ce travail n'aura, d'ailleurs, de véritable utilité qu'à la condition d'être publié et distribué largement au fur et à mesure que ses différents éléments arriveront à la maturité. Ainsi l'étude des collections rapportées fera l'objet d'autant de *Contributions à la Géologie des Colonies françaises*.

De temps à autre, il sera nécessaire de les reviser, d'en faire la synthèse, de dégager les lois générales qui résultent de la multitude de matériaux rapportés.

C'est là, peut-être, un vaste programme; mais, avec un peu, très peu d'argent, avec surtout l'aide et l'appui de tous, il sera certainement possible de le mener à bien.

§ 6. — Enseignement

L'Université de Paris en 1907. — Nous extrayons du Rapport fait par M. A. Gautier sur la situation des établissements d'Enseignement supérieur de l'Université de Paris et présenté au Conseil de cette Université, les renseignements suivants :

Le chiffre total des étudiants s'est élevé à 16.609, dont 7.482 pour le Droit, 3.330 pour la Médecine, 2.147 pour les Sciences, 2.649 pour les Lettres et 4.001 pour la Pharmacie.

Il est à remarquer que l'augmentation du nombre des étudiants à la Faculté de Droit a été extraordinairement rapide, tandis qu'elle se poursuit d'une manière lente, mais continue, à la Faculté des Sciences et à la Faculté des Lettres. La décroissance de la population scolaire de la Faculté de Médecine et de l'Ecole de Pharmacie se poursuit d'une manière continue depuis 1895.

L'affluence des étrangers est surtout sensible au Droit, aux Sciences et aux Lettres. On compte au Droit 566 étudiants étrangers et 78 étrangères, aux Sciences 330 étrangers et 153 étrangères, aux Lettres 337 étrangers et 569 étrangères. En Médecine, on trouve seulement 263 étrangers et 168 étrangères, et en Pharmacie 21 étrangers et 4 étrangères. Les étrangers viennent surtout de la Russie, la Roumanie et l'Egypte pour le Droit; de la Russie, la Turquie, la Roumanie et la Grèce, pour la Médecine; de la Russie pour les Sciences; de la Russie, l'Allemagne, l'Angleterre et les Etats-Unis pour les Lettres; de la Turquie pour la Pharmacie.

Le personnel enseignant comprend 285 maîtres, dont un peu plus de la moitié sont professeurs titulaires. Il se répartit ainsi: Droit, 43; Médecine, 82 (37 titulaires, 42 agrégés, 3 chargés de cours); Sciences, 62; Lettres, 78.

Deux réformes ont été réalisées dans l'enseignement A la Faculté des Sciences, l'épreuve pratique que comporte l'examen des Certificats de Mathématiques pures était, depuis l'origine, incomplète, par suite de l'absence d'une organisation régulière de travaux pratiques correspondants. La réunion de l'Ecole Normale supérieure à l'Université a permis d'organiser des travaux pratiques de Géométrie, et l'une des séances hebdomadaires de travaux graphiques que dirige M. Caron à l'Ecole Normale a lieu à la Sorbonne.

L'Ecole de Pharmacie réclamait depuis longtemps la création d'un enseignement de la Chimie biologique; une chaire vient d'y être fondée par le Conseil Municipal de Paris.

Les vœux sont plus nombreux que les réformes réalisées. La Faculté de Droit se plaint de ne pas disposer d'un personnel enseignant assez nombreux. La Faculté de Médecine ajourne ses nombreux vœux jusqu'à ce que la Commission spéciale ait statué sur la réforme des études médicales. La Faculté des Sciences, à cause de l'exiguïté des locaux, de la réforme des examens de licence, de l'institution récente des diplômes d'études, ne voit plus la possibilité d'assurer le service de ses laboratoires avec le personnel dont elle dispose. Il est donc nécessaire d'augmenter le nombre des chefs de travaux et des préparateurs. Plusieurs solutions ont été envisagées par cette Faculté; l'une d'elles consisterait à déléguer dans les fonctions de préparateurs aux laboratoires d'enseignement, pour une durée de un an ou deux, de jeunes professeurs de lycée; une seconde solution consisterait à imposer aux boursiers d'études un service de manipulation dans les laboratoires.

La Faculté des Lettres signale l'insuffisance numérique de son personnel pour l'enseignement des langues vivantes.

Quant à l'Ecole de Pharmacie, elle ne formule cette année qu'un vœu bien modeste : la réfection générale de son système de chauffage.

Enfin, les bibliothèques de l'Université se sont enrichies, en 1907, de 26.414 ouvrages nouveaux.

Dans la séance du Conseil de l'Université où le Rapport de M. A. Gautier fut présenté, on examina longuement les conditions dans lesquelles s'effectue actuellement la préparation au Diplôme supérieur et à l'Agrégation des Sciences physiques. Il a été reconnu que le temps consacré à cette double préparation était insuffisant et qu'il conviendrait de l'augmenter d'une année.

Digitized by Google

LES AÉROSTATS DIRIGEABLES

PREMIÈRE PARTIE : PRINCIPES DE LA DIRECTION DES AÉROSTATS

Il y a vingt-cinq ans, la direction des aérostats passait pour une utopie, et ceux qui s'en occupaient osaient à peine l'avouer : on les rangeait, dans le grand public et même dans le monde savant, parmi les chercheurs de mouvement perpétuel et de quadrature du cercle. Il n'en est pas de même aujourd'hui, et les faits qui se passent tous les jours sous nos yeux, ou plutôt au-dessus de nos têtes, ont convaincu les plus incrédules. Depuis quelque temps surtout, le nombre des navires aériens s'est multiplié : il y en a de toutes formes et de toutes dimensions, les uns plus lourds que l'air, les autres plus légers. Le public a quelque peine à se reconnaître au milieu des évolutions de ces escadres d'un nouveau genre. Il constate que, par des moyens différents, on arrive à des résultats intéressants; mais il se demande par quels procédés on continuera, dans l'avenir, à marcher dans la voie du progrès.

Il n'est donc pas inutile de chercher à voir clair dans la situation actuelle de l'Aéronautique, d'exposer les principes fondamentaux de la navigation aérienne, de constater à quel point on en est arrivé aujourd'hui, et de se rendre compte des étapes qui restent à parcourir.

Le sujet est extrêmement vaste, et, pour être traité complètement, dépasserait l'étendue qu'il est possible de donner à cet article. Aussi, j'ai l'intention de n'en examiner qu'une partie, celle de l'aérostation dirigeable, c'est-à-dire de la navigation aérienne au moyen d'appareils comportant l'emploi de ballons remplis de gaz plus légers que l'air.

On sait, en effet, que la réalisation de la navigation aérienne exige la solution d'un double problème : celui de la *sustentation* et celui de *la direction*.

Pour se soutenir dans l'air, il y a deux procédés absolument distincts. Le premier consiste à enfermer un gaz plus léger que l'air dans une enveloppe imperméable appelée ballon, enveloppe d'une capacité suffisante pour que la force ascensionnelle du gaz fasse équilibre au poids total de l'appareil. C'est le procédé de la *sustentation statique*, ou, pour employer le langage vulgaire, le système du *plus léger que l'air*. On peut, au contraire, constituer un appareil composé exclusivement de parties solides et, dans son ensemble, beaucoup plus lourd que l'air qu'il déplace, et obtenir l'équilibre dans l'atmosphère au moyen de surfaces disposées à cet effet et animées de mouvements tels que la réaction de l'air sur ces surfaces donne lieu à une composante verticale faisant équilibre au poids de l'appareil. Pour mettre ces surfaces en mouvement, il est nécessaire de dépenser un travail moteur, d'où le nom de *sustentation dynamique* donné à ce procédé, qui est généralement connu sous le nom de système du *plus lourd que l'air*. Les appareils de cette catégorie, qui imitent plus ou moins le vol des oiseaux, sont, pour cette raison, désignés sous le nom d'appareils *d'aviation*.

Malgré la vogue considérable dont ils jouissent aujourd'hui, ce n'est pas d'eux, cette fois, que j'ai l'intention d'entretenir les lecteurs. Je ne veux m'occuper que des navires aériens plus légers que l'air, en d'autres termes, des aérostats dirigeables.

I

Quel que soit, d'ailleurs, le procédé de sustentation, il n'y a qu'une seule manière de réaliser la direction d'un navire aérien.

A ce sujet, les idées les plus fausses ont régné pendant une centaine d'années après la découverte des aérostats. On disait que, pour diriger un ballon, il fallait pouvoir « dominer le vent », « lutter contre le vent », « être plus fort que le vent ». On sentait bien que le vent était l'ennemi à combattre, mais on ne se rendait pas compte du genre d'obstacle qu'il opposait et de la manière de le surmonter. Il n'y a à cela rien de surprenant. Lorsque l'homme se trouve en face d'un problème absolument nouveau, comme était, en 1783, celui de la navigation aérienne, il lui est impossible de faire abstraction des idées résultant de l'expérience acquise chaque jour dans les conditions ordinaires de la vie. C'est ainsi que, lorsqu'on a les pieds sur la terre ferme, le vent éveille toujours en nous l'idée d'un effort, d'une impulsion plus ou moins violente, et il semble qu'il faille lutter contre cette force si l'on veut se diriger dans l'atmosphère. L'expérience de la navigation maritime corrobore cette opinion. La force du vent s'y présente, en effet, tantôt comme un auxiliaire qu'on utilise, tantôt comme un ennemi auquel il faut résister ou devant lequel on est parfois obligé de fuir. Il était donc bien naturel de penser qu'en navigation aérienne l'influence du vent se ferait sentir d'une façon analogue; c'était, de l'avis général, une simple question de *bon sens*, ce qu'on appelle ainsi

Digitized by Google

n'étant autre chose que les idées résultant d'une longue expérience individuelle ou ancestrale.

En réalité, la question se posait, pour la navigation aérienne, d'une manière tout autre. Que l'on soit sur le sol ou à la surface des mers, on prend, en effet, appui sur autre chose que sur l'atmosphère, et, lorsque celle-ci est en mouvement, comme on résiste d'une manière partielle ou totale à son action, on éprouve naturellement la sensation d'un effort que le vent exerce sur notre personne. Mais lorsqu'on a pris place dans un appareil équilibré au sein de l'atmosphère, n'ayant de contact avec aucune autre chose que l'air lui-même, on ne peut prendre aucun appui extérieur, et l'on obéit d'une manière complète à toutes les impulsions de l'atmosphère comme si l'on n'était qu'une simple molécule de l'air ambiant. Aussi, à partir du moment où l'on a perdu tout contact avec le sol, on est rapidement traîné avec la vitesse du vent, si bien qu'on ne sent plus aucun courant d'air; les choses se passent pour l'aéronaute comme si le vent n'existait pas et comme si tout se déplaçait sous lui à une vitesse égale et contraire à celle du vent; il ne sent aucun souffle le frôler et il éprouve la sensation d'un calme absolu dont aucune autre situation ne peut donner une idée. S'il vient à perdre la terre de vue, par exemple lorsqu'une couche de nuages s'interpose entre elle et lui, l'aéronaute peut se croire dans l'immobilité la plus complète, car les nuages étant entraînés comme lui par le vent, ce sont toujours les mêmes qu'il domine et il a l'illusion d'être en repos au milieu d'un monde immobilisé, ce qui ne l'empêche pas d'être entraîné au-dessus de la terre avec des vitesses plus ou moins considérables.

Toutefois, il n'est pas impossible d'imprimer au navire aérien un mouvement relatif, par rapport à l'air ambiant : le moindre organe propulseur suffira dans ce but. Supposons qu'un aérostat soit muni d'un propulseur capable de lui imprimer une vitesse de 1 mètre par seconde, par exemple, et disposé de telle manière qu'on puisse à volonté faire varier l'orientation de ses déplacements. Lorsqu'on mettra ce propulseur en mouvement, l'aéronaute sentira un léger souffle venant du côté vers lequel il se dirige, et son impression sera la même que celle qu'éprouve un homme placé sur le sol lorsqu'il règne autour de lui un vent de 1 mètre par seconde. Qu'il dirige son mouvement relatif dans le sens du vent ou dans le sens contraire, ou dans une direction perpendiculaire ou oblique, le navigateur aérien éprouvera toujours la même sensation produite par un souffle de 1 mètre par seconde. Cette impression ne variera pas, quelle que soit la vitesse du vent ou même si le vent est nul : *pour l'aéronaute, le vent n'existe pas*, et il n'en reçoit d'autre que celui qu'il crée lui-même en imprimant à son aérostat un déplacement relatif par rapport à l'air ambiant.

Si l'aéronaute n'avait d'autre but que d'atteindre un point déterminé de l'atmosphère, tel qu'un nuage ou un autre ballon non dirigeable, la moindre vitesse lui suffirait pour y arriver : telle, à la surface d'un étang, une barque, animée d'un mouvement aussi lent que l'on voudra, finira toujours par atteindre le corps flottant immobile ou le point de la rive vers lequel elle se dirige.

Pour atteindre, non plus un point de l'atmosphère, mais la verticale d'un point du sol sous-jacent, il n'y aurait pas plus de difficulté, si l'atmosphère était immobile, et la moindre vitesse propre imprimée à l'aérostat serait suffisante. Malheureusement, il n'en est pas ainsi ; l'air n'est jamais immobile, et, pendant que l'aérostat se déplace dans son sein, il est entraîné par le mouvement général de l'atmosphère; sa vitesse par rapport à la terre sera égale à la résultante de deux vitesses : sa vitesse propre AB (fig. 1) et la vitesse AC du vent ; il marchera suivant la diagonale AD du parallélogramme des vitesses ABDC, et la longueur AD sera égale à sa vitesse réelle par rapport au sol.

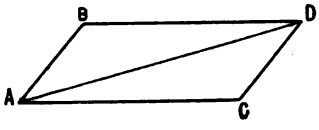


Fig. 1.

Il sera dans le même cas qu'un bateau naviguant à la surface d'un fleuve animé d'un courant d'une vitesse déterminée. Il pourra, comme précédemment, atteindre avec la plus grande facilité un point quelconque entraîné par le même courant que lui, de même que le bateau atteindra aussi facilement un corps flottant à la surface d'un cours d'eau que sur celle d'un étang; mais, lorsqu'il s'agit pour le ballon de passer au-dessus d'un point déterminé du sol ou, pour le bateau, d'atteindre un point de la rive, il est nécessaire de tenir compte de la vitesse du courant fluide, et, pour que le navire aérien ou l'embarcation puissent atteindre un point déterminé par rapport au sol, le véhicule doit remplir certaines conditions sans lesquelles la solution du problème est impossible.

Si l'on se reporte à la figure 1, on voit, en effet, que le déplacement réel du navire aérien dans l'unité de temps sera égal en valeur et en direction à la droite AD, diagonale du parallélogramme construit sur les côtés AB (vitesse propre) et AC (vitesse du vent), formant entre eux un angle BAC. Ce parallélogramme est complètement déterminé lorsqu'on connaît les longueurs des côtés AB et AC et la valeur de l'angle BAC. Parmi ces trois éléments, l'un, la vitesse du vent AC, échappe complètement

Digitized by Google

à la volonté de l'aéronaute : c'est un fait qu'il doit subir. La vitesse propre AB peut, au contraire, varier à son gré, depuis zéro jusqu'à la vitesse maxima que le moteur peut imprimer au navire aérien par rapport à l'air ambiant. Quant au troisième élément, l'angle BAC, formé par la direction de la vitesse propre avec celle de la vitesse du vent, l'aéronaute en dispose à son gré et peut la faire varier de 0 à 360°. Si nous supposons (fig. 2) que l'aéronaute donne à son véhicule la vitesse maxima AB qu'il peut prendre, il est facile de voir que, si l'on mène, comme dans la figure 1, une droite AC représentant en direction et en grandeur la vitesse du vent, et si, du point C comme centre, on décrit une circonférence avec un rayon CD égal à la vitesse propre AB, cette circonférence représentera l'ensemble des points que l'aérostat pourra aborder au bout de l'unité de temps, une seconde par exemple. En d'autres termes, elle sera le *lieu des points abordables* en une seconde si l'on maintient au navire aérien sa vitesse maxima, et l'intérieur de cette circonférence, c'est-à-dire toute la surface du cercle CD, représentera le lieu des points abordables au bout d'une seconde, quelle que soit la manière dont on fasse varier la vitesse propre en grandeur et en direction. Toutes les lignes, telles que AD, AD', etc., sont, en effet, les diagonales des parallélogrammes ABDC, AB'D'C, etc., dont les côtés sont respectivement égaux à la vitesse du vent et à la vitesse propre et qui ne diffèrent entre eux que par l'angle de ces deux vitesses.

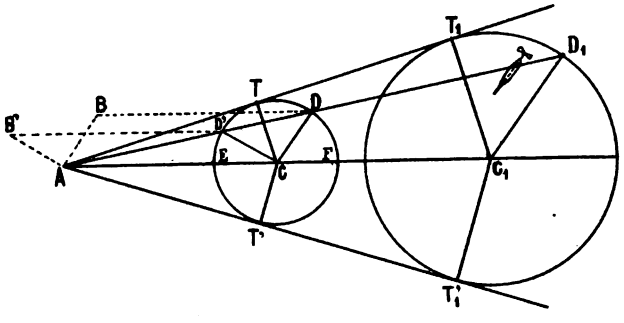


Fig. 2.

Si nous voulons maintenant examiner ce qui se passe au bout de deux secondes, la situation sera la suivante. Prolongeons la droite AC d'une quantité CC_1 égale à elle-même : la longueur AC_1 représentera l'espace parcouru par le vent en deux secondes ; menons ensuite C_1D_1 parallèle à la direction de la vitesse propre, et donnons-lui une longueur égale au double de cette vitesse et représentant, par conséquent, le déplacement dû à la vitesse propre pendant deux secondes ; il est évident que la ligne AD_1 représentera le déplacement réel pendant deux secondes, et des considérations élémentaires de triangles semblables permettent de voir que les points ADD_1 sont en ligne droite. Si, du point C comme centre, avec C_1D_1 comme rayon, on décrit une circonférence, elle représentera le lieu des points abordables au bout de deux secondes à la vitesse maxima, et la surface du cercle C_1D_1 représentera l'ensemble de touts les points abordables pendant la même période avec des vitesses propres de valeur quelconque.

On peut généraliser ces considérations et voir qu'au bout d'un temps quelconque, le lieu des points abordables sera toujours représenté par un cercle dont le centre sera placé au point où le vent aurait transporté le ballon s'il n'était pas dirigeable, et dont le rayon sera égal au chemin que la vitesse propre maxima aurait pu, pendant ce temps, faire parcourir à l'aérostat en air calme. Tant que la vitesse du vent et la vitesse propre maxima restent constantes, ces cercles grandissent proportionnellement au temps écoulé, et la distance de leurs centres au point de départ augmente dans la même proportion.

Dans une conférence faite en 1886, le capitaine Charles Renard exposait ces principes de manière à les rendre intelligibles pour un auditoire peu familiarisé avec les figures géométriques. Je reproduis ici textuellement sa démonstration, qui donnera une idée bien caractéristique de son mode d'enseignement :

« Une flotte aérienne plane au-dessus de Paris ; elle se compose d'une douzaine d'avisos aériens et d'un vaisseau amiral (fig. 3). Cette flotte est, pour le moment, immobile dans l'air, toutes les machines sont stoppées, le vent souffle de l'Ouest avec une vitesse de 8 mètres par seconde ; ou, ce qui revient au même, l'Océan aérien étant supposé complètement immobile, Paris, sa banlieue, la France entière, sont emportés vers l'Ouest avec une vitesse de 8 mètres par seconde ou de 29 kilomètres à l'heure.

« A ce moment, du vaisseau amiral toujours immobile, part un ordre; les 12 vaisseaux, s'éloignant du point de ralliement dans des directions différentes, doivent effectuer une reconnaissance. Les voilà qui s'élancent et qui font le vide autour du vaisseau amiral toujours immobile pour attendre leur retour. Supposons que leur vitesse de marche dans l'air soit égale à 6 mètres par seconde, soit 22 kilomètres à l'heure : au bout d'une heure chacun d'eux sera à 22 kilomètres du vaisseau amiral; en d'autres termes, ils seront répartis sur la circonférence d'un cercle de 22 kilomètres de rayon dont le navire immobile sera le centre mathématique.

« Voilà ce qui se passera *dans l'air*; voyons main-

Digitized by Google

tenant comment nos ballons sont disposés sur le sol.

« Celui-ci aura fui vers l'Ouest avec une vitesse de 29 kilomètres à l'heure; Paris, qui était tout à l'heure sous la verticale de la flotte et du vaisseau amiral, sera donc reporté à 29 kilomètres à l'Ouest du navire aérien immobile. Au-dessous de lui une région nouvelle s'étendra : c'est la Marne, c'est la petite ville de Lagny; c'est elle qui est pour le moment le centre mathématique du cercle dont nous avons parlé, et nos 12 vaisseaux aériens sont actuellement sur la circonférence de ce cercle dont Lagny est le centre et dont le rayon est de 22 kilomètres. Ainsi donc, le vent d'Ouest de 29 kilomètres à l'heure n'a eu d'autre effet que de déplacer de 29 kilomètres vers l'Est, c'est-à-dire *sous le vent*, le cercle dont la circonférence est occupée par notre flottille, et au centre de laquelle se tient toujours immobile le vaisseau amiral.

« *Le vent ne change donc rien aux positions relatives des navires de la flotte aérienne; il les déplace tous en bloc dans sa direction* (fig. 3). »

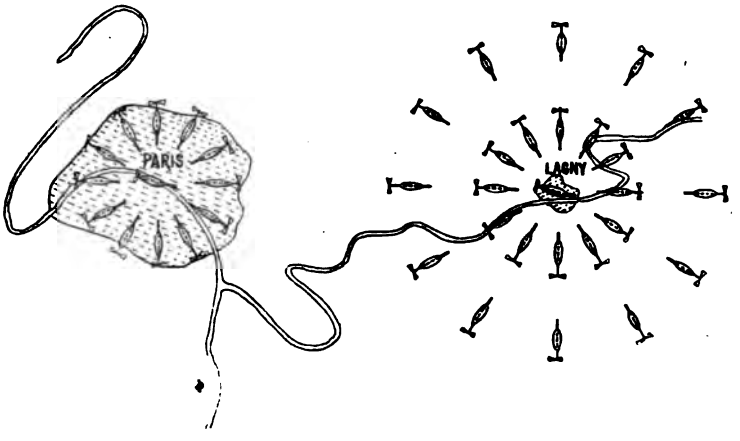


Fig. 3.

Ces considérations étant bien comprises, il peut se présenter trois cas différents.

Dans le premier cas, la vitesse propre maxima que peut prendre le navire aérien est inférieure à la vitesse du vent. C'est le cas de la figure 2. S'il en est ainsi, le point de départ A est à l'extérieur du cercle des points abordables, décrit du point C comme centre et de tous les cercles semblables décrits de points tels que C_1. Il en résulte que, quelle que soit la durée du voyage et, par suite, l'agrandissement du rayon des cercles des points abordables, comme les centres de ces cercles s'éloignent du point de départ proportionnellement au temps, ils ne peuvent couvrir qu'une portion de l'espace, et la région abordable est nettement limitée.

Si, du point de départ A, on mène deux tangentes, AT et AT', au cercle C, il est facile de se rendre compte qu'au bout d'une seconde on pourra se trouver dans l'intérieur de l'angle TAT', mais qu'il sera impossible d'en sortir. En raison de la similitude des cercles abordables, les tangentes AT et AT' sont également tangentes en T_1 et T'_1 au cercle C_1, et il en sera de même de tous les cercles abordables tant que la vitesse du vent conservera sa grandeur et sa direction, et que la vitesse propre ne pourra pas dépasser un maximum donné. L'angle TAT' sera donc appelé l'*angle abordable*, et il limite les régions accessibles au navire aérien. Lorsqu'on veut se rendre du point A dans une direction déterminée AD, comprise dans l'angle abordable, il y a deux manières de le faire, soit en donnant à la vitesse propre la direction CD, soit en lui donnant la direction CD', D et D' étant les points d'intersection de la circonférence C avec la direction générale à suivre. Dans le premier cas, la vitesse résultante sera AD; dans le second cas, elle sera AD'; on voit donc qu'une des deux solutions est plus avantageuse que l'autre, puisqu'elle permet de suivre la direction voulue avec une vitesse plus grande : dans le premier cas, en effet, on a le vent comme auxiliaire, tandis que dans l'autre il se présente comme adversaire.

A la seule inspection de la figure 2, on se rend compte que, la vitesse propre et la vitesse du vent restant constantes, la vitesse réelle peut varier d'une manière continue, depuis un maximum AF jusqu'à un minimum AE. Si l'on désigne par v la vitesse du vent, par w la vitesse propre, et par u la vitesse réelle par rapport au sol, l'inspection seule de la figure 2 permet de voir que le maximum de u est égal à $v + w$ et que son minimum est égal à $v - w$. Ainsi, si le vent fait 10 mètres par seconde et si la vitesse propre est de 6 mètres, lorsque l'aéronaute se dirigera dans le sens même du vent il aura une vitesse réelle de 16 mètres par seconde; lorsqu'il se dirigera dans le sens voulu pour remonter le vent, il ne pourra y réussir : tout ce qu'il pourra faire sera de réduire à 4 mètres la vitesse avec laquelle il sera emporté dans le sens du courant aérien.

Ajoutons que, si l'on désigne par α l'angle abordable, on aura évidemment, d'après la figure 2 :

$$\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{w}{v}.$$

Dans ce premier cas, que nous venons d'examiner assez longuement, le navire aérien est dirigeable dans l'intérieur de l'angle abordable, dont il ne

Digitized by Google

peut pas franchir les limites : nous dirons alors qu'il possède une *dirigeabilité partielle.*

Le second cas se présente quand la vitesse propre est égale à la vitesse du vent (fig. 4). S'il en est ainsi, le point A se trouve sur la circonférence du cercle abordable. (A l'avenir, pour simplifier le langage, nous ne parlerons que d'un seul cercle abordable, celui qui correspond à l'unité de temps. En raison de la similitude, ce qu'on dira de ce cercle sera vrai de tous les autres.) Par le point de départ A ne passera plus qu'une seule tangente à la circonférence en question. Cette tangente unique limite toujours l'angle abordable, qui se trouve cette fois égal à 180 degrés. C'est, d'ailleurs, conforme à la formule indiquée plus haut : w étant ici égal à v, sinus 1/2 de α est égal à 1, et 1/2 de α égal à 90 degrés.

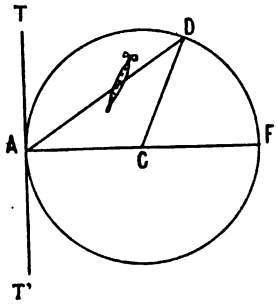


Fig. 4.

Pour marcher dans une direction déterminée AD, il n'y aura plus qu'une solution. Si l'on voulait employer la deuxième solution du cas précédent, on aurait une vitesse nulle. La vitesse maxima AF est égale à $v + w$, c'est-à-dire à $2v$, et la vitesse minima est égale à $v - w$, c'est-à-dire à zéro.

Dans ce cas limite, la dirigeabilité sera encore partielle; mais l'angle abordable comprendra la moitié de l'horizon, et lorsqu'on voudra remonter le courant, s'il est encore impossible de le faire comme dans le cas précédent, on ne sera pas entraîné par lui, et on pourra rester immobile en un point déterminé.

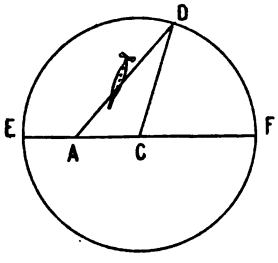


Fig. 5.

Dans le troisième cas (fig. 5), nous supposons que la vitesse propre est supérieure à celle du vent. Alors le point de départ A sera compris dans l'intérieur du cercle abordable et l'on pourra aller dans toutes les directions. La vitesse maximum AF sera comme toujours égale à $v + w$; quant à la vitesse minimum AE, elle sera égale à $v - w$, et, comme w est plus grand que v, elle sera négative et égale en valeur absolue à $w - v$. En d'autres termes, il sera possible de remonter le courant aérien avec une vitesse égale à la différence de la vitesse propre et de celle du vent. Si, par exemple, le vent est, comme dans le premier cas, supposé égal à 10 mètres, mais la vitesse propre à 14 mètres au lieu de 6, on pourra descendre le courant avec une vitesse réelle de 24 mètres, et le remonter avec une vitesse de 4 mètres; dans les autres cas, on obtiendra des vitesses réelles intermédiaires telles que AD.

Lorsque ce cas se réalise, on dit que le navire aérien possède une *dirigeabilité totale.*

II

Si nous nous sommes assez longuement étendu sur ces considérations, c'est qu'elles sont de première importance. Il faut bien se mettre dans la tête qu'il n'y a qu'un seul moyen d'être totalement dirigeable : c'est de posséder une vitesse propre supérieure à celle du vent. Tous les procédés qui consisteraient à louvoyer ne peuvent donner aucun résultat. S'ils sont applicables dans la navigation aquatique, c'est qu'ici on prend point d'appui sur l'eau, qu'on peut opposer à l'air; mais, dans un navire aérien, il n'en est pas de même; on est submergé dans l'air comme un sous-marin l'est dans l'eau, on ne peut prendre point d'appui que sur le fluide ambiant, et la vitesse réelle qu'on peut donner sera toujours, quoi qu'on fasse, la résultante de la vitesse du courant fluide et de la vitesse propre.

De ce que nous avons vu précédemment, il résulte aussi que la dirigeabilité totale n'est pas une qualité absolue pour un navire aérien. En effet, si sa vitesse propre ne peut pas dépasser un maximum déterminé, celle du vent est variable à chaque instant, et un aérostat qui, par exemple, peut faire en air calme 6 mètres par seconde, jouira de la dirigeabilité totale si le vent n'est que de 4 mètres, et sera réduit à la dirigeabilité partielle s'il est de 8 mètres. A vrai dire, tout navire aérien capable de prendre une vitesse propre, aussi faible qu'on voudra la supposer, peut espérer être totalement dirigeable à certains jours; par contre, quelle que soit la vitesse propre dont il dispose, il arrivera qu'à certains moments la vitesse du vent lui sera encore supérieure et qu'il en sera réduit à la dirigeabilité partielle.

Pour nous conformer au langage courant, nous dirons qu'un navire aérien est dirigeable quand il possède la dirigeabilité totale, mais cette qualité ne lui appartient pas d'une manière absolue. Elle dépend de la vitesse du vent au moment de l'expérience. Il est, toutefois, évident que, plus la vitesse propre sera grande, plus on aura des chances d'être totalement dirigeable : c'est là une question de statistique anémométrique. D'après le relevé de différentes observations, on peut conclure que le vent est égal ou inférieur à 10 mètres par seconde, ou à 36 kilomètres à l'heure, environ 7 fois sur 10; que 9 fois sur 10, il ne dépasse pas 15 mètres par seconde ou 54 kilomètres à l'heure; que 99 fois sur

Digitized by Google

100, il ne dépasse pas 25 mètres par seconde ou 90 kilomètres à l'heure, et que 999 fois sur 1000, il ne dépasse pas 40 mètres par seconde ou 144 kilomètres à l'heure. Mais, pour être réellement dirigeable, il ne suffit pas d'avoir une vitesse égale à celle du vent, il faut la dépasser d'une manière notable, 2 ou 3 mètres par seconde par exemple. On en conclura qu'un navire aérien qui aurait une vitesse de 12 à 14 mètres pourrait être réputé dirigeable pour les vents de 10 mètres et au-dessous, c'est-à-dire 7 fois sur 10; pour être dirigeable 9 fois sur 10, il lui faudrait une vitesse d'environ 18 mètres, et pour l'être 99 fois sur 100, une vitesse d'environ 28 ou 30 mètres. Un navire aérien qui aurait 50 mètres de vitesse par seconde serait pratiquement toujours dirigeable, sauf dans des circonstances tout à fait exceptionnelles.

De l'examen de ces chiffres, résultant de simples données statistiques, on peut tirer des conséquences intéressantes.

La première, c est que les vitesses des vents sont extrêmement supérieures à celles des courants aquatiques. En effet, dans les rivières comme à la surface des mers, un courant de 2 mètres à la seconde est déjà quelque chose de sérieux; les courants de 4 mètres sont considérés comme très forts; les vitesses supérieures sont extrêmement rares. Dans l'air, au contraire, les vitesses de 2 ou de 4 mètres sont à peine de faibles brises, un vent de 10 mètres est un vent ordinaire, et ceux de 15 mètres sont, comme nous l'avons vu, encore assez fréquents. Cette comparaison explique l'énorme difficulté de la navigation aérienne. Pour qu'une embarcation soit dirigeable sur l'eau, il suffit, en effet, qu'elle possède une vitesse propre de quelques mètres par seconde; pour un navire aérien, ces vitesses sont insignifiantes. Aussi, dès que l'homme sut constituer l'embarcation la plus rudimentaire, il put en même temps lui donner une vitesse propre suffisante pour la rendre pratiquement dirigeable; dans presque toutes les circonstances, il suffisait, pour cela, de la simple force humaine et d'un morceau de bois servant d'aviron. De semblables procédés ne pourraient réussir en navigation aérienne que dans des cas absolument restreints; il faut, si l'on veut jouir d'une dirigeabilité digne de ce nom, posséder une vitesse propre que les moyens rudimentaires sont impuissants à donner. C'est en cela que consiste l'immense difficulté de la navigation aérienne, et il est facile de s'en rendre compte par un exemple numérique.

Le premier aérostat qui ait été vraiment dirigeable est *La France*, expérimenté en 1884-1885. Dans la meilleure de ses ascensions, cet aérostat disposait d'une vitesse propre d'environ $6^{m},50$ par seconde, soit de 25 kil. 400 à l'heure. Cette vitesse ne permettait guère d'avoir la dirigeabilité totale que 3 fois sur 10; elle était donc absolument insuffisante dans la pratique. Or, en langage maritime, une semblable vitesse correspond à peu près à 13 nœuds, et l'on sait que c'est une vitesse très respectable, et qu'il n'y a pas un très grand nombre d'années que les navires ont pu la réaliser; ils parcouraient le monde depuis des siècles avec des vitesses très inférieures à celle-là.

III

Il est donc bien admis que, pour réaliser la navigation aérienne, il faut disposer d'une vitesse propre supérieure à celle du vent, et que ces vitesses sont considérables. Comment peut-on arriver à donner une semblable vitesse à un aérostat : c'est ce qu'il nous reste à voir maintenant.

La première condition est, évidemment, de disposer d'une puissance motrice suffisante. Pour se rendre compte de l'importance de cette puissance motrice, il faut connaître les lois suivant lesquelles un navire aérien résiste à l'avancement. Tout le monde admet à peu près aujourd'hui que la loi de cette résistance est exprimée par la formule φSV^2, dans laquelle φ est un coefficient qui dépend de la forme de l'objet et que l'expérience peut seule déterminer, S est la section transversale, que nous supposons exprimée en mètres carrés, et V la vitesse que nous exprimons en mètres par seconde. Les expériences qui servent à déterminer le coefficient φ sont très peu nombreuses. Mais, quel qu'en soit le résultat, il est un fait certain : c'est que, si la résistance à l'avancement est proportionnelle au carré de la vitesse, la puissance motrice nécessaire est proportionnelle au cube de cette même vitesse. En effet, le travail à fournir par unité de temps est égal au produit de la résistance à l'avancement par le chemin parcouru pendant cette unité de temps, chemin qui, par définition, n'est autre que la vitesse. La formule qui donne la puissance motrice nécessaire pour un navire aérien de dimensions déterminées est donc de la forme φSV^3.

Ainsi, pour obtenir une vitesse double de celle qu'on a pu réaliser avec un ballon dirigeable déterminé, il faudrait, sans rien modifier à la forme de l'appareil, disposer d'une puissance motrice huit fois plus grande; pour tripler la vitesse, il faudrait multiplier la puissance motrice par 27, et ainsi de suite.

Mais ici on est limité par le poids total du moteur qui doit être enlevé par le ballon. A une époque où le poids du cheval-vapeur se chiffrait par centaines de kilogs, on avait le droit de considérer la navigation aérienne comme une utopie, puisque les moteurs qu'on pouvait enlever avec des ballons de

Digitized by Google

dimensions admissibles étaient d'une puissance absolument insuffisante pour produire un effet appréciable. Quelques ingénieurs, Henri Giffard entre autres, préconisaient cependant les énormes volumes comme devant donner la solution de la question. D'après eux, en doublant les dimensions linéaires d'un aérostat, on multipliait par huit la force ascensionnelle et, par conséquent, la puissance du moteur à enlever, tandis qu'on ne multipliait que par quatre la résistance à l'avancement. En augmentant le volume, on pouvait donc espérer disposer d'une puissance motrice suffisante. Ces projets ne furent jamais réalisés; ils auraient entraîné des dépenses effroyables, et ces aérostats monstrueux auraient été d'un maniement à peu près impossible; en outre, la nécessité d'avoir une construction solide aurait absorbé une bonne partie de la force ascensionnelle et aurait même fini, pour les gros volumes, par l'annihiler tout entière. On peut, en effet, démontrer que le poids des organes d'un aérostat doit croître en raison de la quatrième puissance des dimensions linéaires, tandis que la force ascensionnelle n'augmente que comme le cube, et les gros aérostats deviennent pratiquement irréalisables. On n'aurait donc pas pu bénéficier intégralement, pour la puissance motrice, de l'augmentation de la force ascensionnelle.

Pour avoir des moteurs suffisants, il n'y avait donc qu'un seul moyen : c'était d'en augmenter la puissance sous un poids donné, ou, en d'autres termes, de diminuer le poids du cheval-vapeur. Si l'aérostat *La France* put réussir en 1884-1885, cela tenait précisément à ce que le Capitaine Renard avait, au moyen d'une pile électrique de son invention, réalisé un moteur d'une légèreté exceptionnelle pour l'époque; il ne pesait, en effet, que 44 kilogs par cheval, et a permis d'obtenir une vitesse propre de $6^{m},50$ par seconde. Pour doubler cette vitesse, toutes choses égales d'ailleurs, il aurait fallu une puissance motrice huit fois supérieure, et comme on ne disposait pour le moteur que d'un poids déterminé, il fallait diviser par huit le poids par cheval, c'est-à-dire l'abaisser aux environs de 5 kilogs. Grâce aux progrès de l'automobilisme, ce résultat est un fait accompli, et nous voyons aujourd'hui les aérostats dirigeables obtenir des vitesses à peu près doubles de celle de *La France*, et réaliser les prévisions que l'on pouvait formuler en 1885.

Il ne suffit pas de disposer d'une puissance motrice convenable, il faut encore l'utiliser pour obtenir la marche en avant, et les organes qui doivent, dans ce but, être actionnés par le moteur sont désignés sous le nom de *propulseurs*. Il n'y a peut-être pas de question qui ait autant préoccupé l'imagination des inventeurs que celle des propulseurs de navires aériens. Les appareils les plus étranges ont été proposés; mais rien ne vaut, et ne vaudra probablenent jamais, une *hélice*, et les seuls ballons dirigeables qui aient pu faire des expériences sérieuses n'ont jamais eu d'autre propulseur. Celui-ci l'emporte, en effet, sur tous les autres par sa simplicité de construction, et, lorsque les dimensions et les formes en sont convenablement déterminées, le rendement mécanique est très satisfaisant : il atteint et dépasse facilement 50 °/₀.

On a beaucoup discuté sur le nombre des hélices et sur la manière de les placer. Ces questions sont d'un intérêt secondaire; l'important, c'est que l'hélice ou les hélices ne soient pas masquées par les autres parties de l'aérostat et ne projettent pas sur elles l'air qu'elles refoulent vers l'arrière.

Une autre question, sur laquelle les avis sont partagés, est la suivante : vaut-il mieux avoir de grandes hélices tournant lentement ou de petites hélices tournant vite? On a obtenu de bons résultats par les deux procédés. Toutefois, en théorie, les grandes hélices sont préférables. Il est évident, en effet, que la dimension d'une hélice doit être en rapport avec la section transversale du navire aérien; et comme, dans les ballons, cette section est forcément très grande, les hélices des dirigeables doivent avoir un grand diamètre. L'hélice idéale serait celle qui se visserait dans l'air comme dans un écrou solide; il n'en est jamais ainsi, et, pendant un tour d'hélice, le navire aérien avance toujours d'une quantité inférieure au pas de celle-ci. La différence entre ce pas et l'avancement par tour s'appelle le *recul* de l'hélice, ou plutôt on désigne par cette expression le rapport entre cette différence et le pas de l'hélice. On dit que le recul est de 0,2, par exemple, si, pendant un tour de l'hélice, le navire aérien n'avance que des 8 /10 du pas et recule, par conséquent, des 2 /10. Or, il est évident *a priori*, et l'on peut le démontrer mathématiquement, que le recul est d'autant plus considérable pour une hélice donnée que le rapport du cercle balayé par l'hélice à la section transversale du navire aérien est plus grand, et l'on comprend qu'avec des hélices microscopiques on n'obtiendrait aucun résultat, quelque rapidement qu'on les fît tourner. C'est ce que le Colonel Renard exprimait, dans son langage imagé, en disant qu'on ne saurait songer à faire avancer un cuirassé en ramant avec un porte-plume.

Il faut donc, pour diminuer le recul, avoir des hélices d'un diamètre aussi grand que possible. Mais on est arrêté dans cette voie par des considérations pratiques. Les grandes hélices sont lourdes si l'on veut qu'elles soient solides, et l'on sait qu'on

Digitized by Google

est obligé de compter constamment, en aérostation, avec la question de poids. De plus, les moteurs qu'on emploie ne peuvent être légers qu'à la condition de tourner rapidement; or, plus les hélices sont grandes, moins on peut les faire tourner vite; on est donc obligé d'interposer entre elles et le moteur des mécanismes de transmission ralentissants, dont le poids sera d'autant plus considérable que les hélices seront plus grandes.

Pour ces deux motifs, l'agrandissement des hélices ne peut être obtenu sans un alourdissement plus ou moins notable, et les partisans des petites hélices disent qu'il vaut mieux avoir un moins bon rendement mécanique, mais conserver plus de poids disponible pour la puissance motrice. C'est, en effet, ainsi que le problème se pose. On ne saurait dépasser un poids total déterminé pour le moteur, pour les transmissions et pour les hélices : il faut obtenir avec ce poids le meilleur résultat, résultat qui a pour mesure le produit de la puissance motrice par le rendement. En augmentant le diamètre des hélices, on augmente l'un des deux facteurs, le rendement, mais on diminue l'autre, la puissance motrice. Il y a donc un maximum à chercher, et la vérité est, comme toujours, loin des solutions extrêmes. Pourtant, ce maximum doit être assez peu sensible, car l'expérience prouve qu'on a obtenu des résultats satisfaisants avec des solutions notablement différentes. Le Colonel Renard, suivant en cela les conseils de Dupuy de Lôme, était partisan des grandes hélices; il pensait que la surface des cercles balayés par elles doit être environ la moitié de celle de la maîtresse section du ballon; il s'était, d'ailleurs, préoccupé de diminuer les inconvénients des grandes hélices en cherchant un moyen d'en alléger la construction.

IV

Il ne servirait à rien d'avoir un moteur puissant actionnant de bons propulseurs si la forme du ballon n'était pas déterminée de manière à diminuer autant que possible le coefficient φ de la résistance à l'avancement. Cette diminution s'obtient — et tous les inventeurs de ballons dirigeables l'ont bien compris — en allongeant le ballon en forme de fuseau. Cet allongement se mesure par le rapport de la longueur au diamètre maximum. Pour l'aérostat *La France*, il était égal à 6. D'après les expériences du Colonel Renard, un corps fusiforme ayant un allongement égal à 2 résiste environ 13 fois moins qu'un plan de même section, et 2 fois moins qu'une sphère de même diamètre. Si l'allongement est porté à 3, la résistance est 31 fois moindre que pour un plan circulaire, et 5 fois moindre que pour une sphère de même diamètre. L'allongement de 3 donne donc déjà une réduction considérable et l'on ne doit pas gagner beaucoup en l'augmentant. Il semble donc que, pour des considérations de résistance à l'avancement, on n'aura jamais intérêt à dépasser les allongements de 5 ou 6 qui sont actuellement usités.

Nous admettons que, par construction, on a donné à l'enveloppe du ballon une forme convenable. Mais ce serait en pure perte si cette forme était exposée à se modifier. Or, il est une circonstance tout à fait inévitable qui peut entraîner ce résultat.

Lorsqu'un ballon, dirigeable ou non, est complétement gonflé et qu'il vient à s'élever, il pénètre dans une région de l'atmosphère où la pression est moindre qu'à son point de départ; il y a donc excès de la pression du gaz du ballon sur celle de l'air ambiant. Cet excès de pression ne peut être toléré que dans des limites très faibles, sous peine de faire éclater l'étoffe. On est donc obligé de laisser à la partie inférieure un orifice qui permette au gaz en excès de s'échapper librement dans l'atmosphère. Ce phénomène n'empêche pas le ballon de rester bien plein et, par conséquent, d'avoir une forme régulière. Mais, lorsqu'il vient à descendre, le gaz perdu ne peut pas être réintroduit, et, comme la pression ambiante augmente, celle du gaz ne peut plus lui résister et ce gaz intérieur se contracte. En raison de sa légèreté spécifique, il occupe la partie supérieure du ballon, dont la partie inférieure reste flasque. On observe ce phénomène dans toutes les ascensions libres, et on tolère ces irrégularités de forme qui n'ont pas grand inconvénient.

Il n'en est plus de même s'il s'agit de ballons dirigeables. Ces formes flasques sont évidemment très résistantes à l'avancement, et, indépendamment des autres inconvénients que nous verrons plus tard, elles auraient pour effet de réduire la vitesse propre dans des proportions énormes. Il est donc indispensable d'assurer à un ballon dirigeable la *permanence de la forme*. Pour l'obtenir, il n'y a qu'un moyen : c'est de le tenir constamment plein. On ne peut songer à fabriquer du gaz dans la nacelle pour l'introduire dans le ballon ; les poids des réactifs et des appareils sont absolument prohibitifs. Mais ce qu'on peut y faire entrer avec facilité, c'est de l'air; il suffit pour cela d'un ventilateur. Toutefois, comme il serait très imprudent de constituer au-dessus de sa tête un mélange détonant, on envoie l'air non pas dans le ballon lui-même, mais dans une capacité intérieure qu'il contient et à laquelle on a donné le nom de *ballonnet*. Ce ballonnet, imaginé par le général Meunier en 1784, méconnu par Giffard, repris et amélioré par Dupuy de Lôme, est actuellement considéré comme un

Digitized by Google

organe indispensable de tout ballon dirigeable.

Tout le monde est d'accord pour le placer à la partie inférieure du ballon. Quant à ses dimensions, elles doivent être calculées en fonction de la hauteur à laquelle on compte s'élever. Le volume du ballonnet doit être, en effet, égal à la réduction de volume que subira le gaz lorsque le ballon, ayant séjourné à l'altitude maxima prévue, redescendra à terre. Si, à ce moment, le ballonnet est complètement plein, le ballon aura perdu une quantité de gaz égale au volume du ballonnet, et il sera, par conséquent, plus lourd que lorsque, au niveau du sol, le ballon était complètement rempli de gaz et le ballonnet vide. Si l'on admet — ce qui est, dans le cas actuel, une approximation suffisante — que la force ascensionnelle du mètre cube d'hydrogène est d'environ 1 kilog, le ballon sera alourdi en kilogrammes d'un poids égal au volume du ballonnet exprimé en mètres cubes. Pour maintenir son équilibre dans ces conditions, il aura dû sacrifier une quantité de lest équivalente. On peut donc en déduire cette règle très simple que, pour un ballon gonflé à l'hydrogène, le volume du ballonnet exprimé en mètres cubes doit être au moins égal au poids exprimé en kilogs du lest disponible au moment du départ.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé implicitement que le ballon est gonflé d'hydrogène, non de gaz d'éclairage. Il est évident, en effet, que, dans un ballon dirigeable, on a un intérêt capital à avoir le plus de force ascensionnelle possible pour pouvoir enlever un moteur puissant et le moins de volume possible pour diminuer la résistance à l'avancement. Un ballon dirigeable doit donc être gonflé du gaz le plus léger dont on dispose, c'est-à-dire d'hydrogène. Le gonfler de gaz d'éclairage serait augmenter à plaisir des difficultés qui sont déjà bien assez considérables quand on met tous les atouts dans son jeu.

Lorsqu'on a assuré la permanence de la forme du ballon, on n'en a pas fini avec l'étude des dispositions d'ensemble du navire aérien. Un ballon ne se prête pas, en effet, sans difficulté et sans danger, à l'attache directe de corps rigides. Le propulseur, le gouvernail, doivent donc être, en réalité, fixés principalement, sinon exclusivement, à la nacelle et non au ballon ; ce sera donc, en fait, sur la nacelle que le propulseur et le gouvernail agiront. Or, cette nacelle n'occupe qu'une faible partie du volume total de l'aérostat; le gros volume est occupé par le ballon, et c'est lui qui doit obéir. Il faut donc que le ballon et la nacelle soient reliés entre eux d'une façon aussi invariable que possible, afin que le ballon se conforme avec une docilité parfaite aux mouvements imprimés à la nacelle par les organes de propulsion et de direction.

Bien convaincus de cette idée, un certain nombre de constructeurs ont cru devoir employer dans ce but des matériaux rigides. Ils ont même armé le ballon, en tout ou en partie, d'un bâti en métal ou en bois, de manière à maintenir sa forme invariable et à assurer d'une façon indéformable sa liaison avec la nacelle. Le chef-d'œuvre du genre est le fameux aérostat de Zeppelin. Les aérostats *Lebaudy* et *Patrie* comportent également des parties rigides, ce qui, d'ailleurs, ne les a pas empêchés d'exécuter de fort beaux voyages ; l'aérostat de Severo appliquait sous une autre forme des principes analogues, et tout le monde se rappelle la catastrophe qui mit fin à son court et unique voyage.

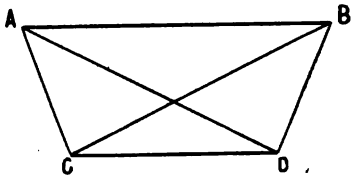


Fig. 6.

A mon avis, l'emploi de corps rigides interposés entre la nacelle et le ballon, et surtout appliqués au ballon lui-même, constitue une véritable hérésie en architecture aéronautique. Sans m'étendre sur cette question, je me contenterai de faire remarquer qu'il y a ici un gaspillage de poids, en même temps qu'un danger permanent résultant de la difficulté de fixer dans de bonnes conditions un corps rigide à une chose aussi essentiellement mobile et déformable que l'étoffe d'un ballon.

Si c'était le seul moyen qu'on eût à sa disposition de relier convenablement le ballon à la nacelle, il faudrait bien s'y résigner; mais, heureusement, il n'en est rien. Dupuy de Lôme a imaginé la *suspension funiculaire croisée*, qui permet de réunir la nacelle au ballon d'une façon invariable sans employer autre chose que des cordages flexibles. Le principe de cette suspension est le suivant : Si l'on représente schématiquement (fig. 6) le ballon par une ligne horizontale AB et la nacelle par une ligne horizontale CD, on les réunira entre eux non seulement au moyen de cordages tels que AC et BD, mais, en outre, au moyen d'autres cordages disposés en diagonale suivant les lignes AD et BC. Lorsqu'on vient à incliner l'aérostat comme le représente la figure 7, du moment que les différentes cordes AC, AD, BC et BD sont inextensibles, la forme de l'ensemble se maintient invariablement. Il en sera ainsi

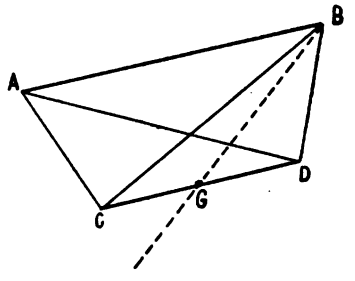


Fig. 7.

Digitized by Google

jusqu'à une certaine inclinaison, telle que le centre de gravité de la nacelle se trouve sur la verticale du point de suspension B. Si cette inclinaison est dépassée, l'indéformabilité ne sera plus acquise : le triangle BCD formé par deux cordages et par la nacelle se placera de manière que le centre de gravité G reste sur la verticale du point B, et les suspentes AC et AD pourront mollir (fig. 8). Mais, lorsque les suspensions sont convenablement calculées, cette inclinaison ne saurait être atteinte sans que l'on dépasse les limites admissibles du tangage, et, dans la pratique, ce procédé est absolument suffisant pour assurer la liaison invariable du ballon et de la nacelle. Les dispositions de détail peuvent varier à l'infini, mais le principe est toujours le même; l'aérostat *La France*, celui de Santos-Dumont, le *Ville-de-Paris* étaient construits d'après ces principes, et l'on n'a jamais eu à constater une insuffisance de liaison entre le ballon et la nacelle.

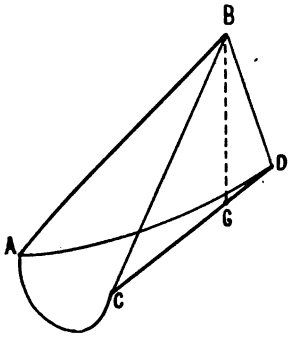


Fig. 8.

Lorsque toutes les conditions qui précèdent sont remplies, l'aérostat est susceptible de prendre, par rapport à l'air ambiant, une vitesse plus ou moins considérable, et nous avons vu plus haut que cette vitesse propre est le facteur essentiel de la dirigeabilité. Néanmoins, pour qu'elle soit utilisable, il faut que l'on puisse en choisir à volonté la direction, c'est-à-dire orienter l'aérostat au gré du pilote. Les organes d'orientation consistent, comme dans les bateaux, en un gouvernail. On peut également essayer d'obtenir l'orientation au moyen de deux hélices latérales, dont on peut rendre à volonté la vitesse inégale; mais les tentatives faites dans cet ordre d'idées n'ont pas donné jusqu'ici de bons résultats. Pour qu'un gouvernail soit efficace, il faut qu'il ait une surface suffisante et qu'il soit placé à une distance aussi grande que possible vers l'arrière, de manière à avoir un grand bras de levier. De là la nécessité, si l'on n'admet pas les carcasses rigides fixées au ballon, d'avoir de longues nacelles. Et c'est, en effet, le cas de *La France*, du *Santos-Dumont* et du *Ville-de-Paris*.

Le gouvernail de forme rectangulaire est plus efficace, à surface égale, lorsque sa hauteur est supérieure à sa largeur. Sa surface doit être rigide et les organes de manœuvre doivent être combinés de façon que le gouvernail obéisse immédiatement, pour éviter tout *temps perdu*.

Le nombre des systèmes imaginés pour l'orientation des ballons dirigeables est infini; mais le simple gouvernail est encore ce qu'il y a de mieux. Beaucoup d'inventeurs se sont figurés que c'était là l'organe principal et même unique d'un ballon dirigeable; ils confondaient ainsi l'*orientation* avec la *direction*. L'orientation est réalisée dès que l'on est parvenu à placer l'axe du navire aérien parallèlement à une ligne donnée; mais la direction n'est obtenue que si ce navire dispose d'une vitesse propre supérieure à celle du vent; on aura beau orienter comme on voudra un aérostat doué d'une vitesse insuffisante, on sera toujours enfermé dans les limites d'un angle abordable plus ou moins restreint.

V

Il semble qu'un aérostat dirigeable muni de toutes les propriétés que nous venons d'énumérer devrait répondre complètement à l'attente du constructeur; il n'en sera rien s'il lui manque les propriétés essentielles que l'on peut appeler *les trois stabilités : la stabilité en altitude, la stabilité de route*, et enfin *la stabilité longitudinale*.

La stabilité en altitude consiste dans la faculté pour un aérostat de se maintenir à une hauteur choisie par son pilote. On se figure généralement que les ballons possèdent par eux-mêmes cette stabilité et qu'on est obligé de manœuvrer la soupape pour descendre et le lest pour monter : en réalité, il n'en est pas du tout ainsi, et si, au cours d'une ascension libre, on fait de fréquentes manœuvres de lest, c'est la plupart du temps pour éviter de descendre, et lorsqu'on manœuvre la soupape, c'est bien souvent pour éviter de monter. La difficulté n'est donc pas de monter ou de descendre : c'est de ne le faire que quand on veut, comme on veut, et surtout de se maintenir à une altitude déterminée. Ce dernier résultat est même à peu près impossible à obtenir avec un ballon ordinaire. Des causes incessantes, dont les principales sont les changements de température et d'état hygrométrique du gaz du ballon et de l'air ambiant, font, en effet, constamment varier la force ascensionnelle, et provoquent des mouvements de montée et de descente qui sont le désespoir des aéronautes et contre lesquels ils doivent lutter sans trêve. Ils ne disposent, en général, que de deux moyens dans ce but : jeter du lest ou perdre du gaz par la soupape. Ces moyens ont le très grave inconvénient de ne pas être réversibles : on ne peut, en effet, ni réintroduire dans le ballon le gaz qu'on a laissé échapper, ni ramener dans la nacelle le lest qu'on a jeté. Aussi, lorsque la provision de lest est épuisée ou sur le point de l'être, on ne peut plus songer à combattre effica-

Digitized by Google

cement les alourdissement accidentels, et l'atterrissage s'impose.

C'est pour cette raison que se terminent toujours, au bout d'un certain temps, les voyages aériens bien conduits.

Pour une foule de raisons, les aérostats dirigeables ne peuvent tolérer une semblable instabilité en altitude et ont tout intérêt à la combattre par d'autres moyens que les vulgaires projections de lest. L'existence du ballonnet, indispensable pour la permanence de la forme, augmente la stabilité en altitude. Il est facile, en effet, de démontrer que, lorsqu'un ballon a perdu du gaz et qu'il possède une force ascensionnelle, il monte jusqu'à ce qu'il soit complètement plein; mais, comme on insuffle de l'air dans le ballonnet pour maintenir au ballon sa forme permanente, il en résulte que la capacité disponible pour le gaz est toujours complètement remplie par celui-ci; par conséquent, le mouvement ascensionnel s'arrête ainsi beaucoup plus rapidement que si le gaz devait remplir la capacité totale.

Il est une autre cause qui donne aux ballons dirigeables une stabilité supérieure à celle des ballons ordinaires. Ceux-ci, emportés par le vent comme une molécule d'air, sont toujours en contact avec la même partie de l'atmosphère. Les échanges de température entre les gaz et l'air ambiant se font par suite très mal; le gaz est donc très sensible au rayonnement du soleil ou du sol et peut prendre, en conséquence, une température différente de celle de l'air, ce qui provoque des variations notables de la force ascensionnelle. Un ballon dirigeable, animé, au contraire, d'une vitesse propre, est en contact avec des parties de l'atmosphère constamment renouvelées, et son gaz prend une température beaucoup plus voisine de celle de l'air ambiant. Il est un peu, en quelque sorte, comparable à ces thermomètres frondes qui, après avoir été agités, donnent la température de l'air beaucoup plus exactement que s'ils étaient restés immobiles. Il y a donc là une cause favorable à la stabilité.

On peut, d'ailleurs, dans les dirigeables, assurer celle-ci par des moyens mécaniques qui ont l'avantage d'être indéfiniment réversibles. On dispose, en effet, d'une puissance motrice nécessaire à la propulsion, mais on peut en distraire une petite partie pour combattre les variations de la force ascensionnelle. Deux procédés peuvent être usités dans ce but.

L'un consiste dans l'emploi d'hélices à axe vertical, qui peuvent à volonté donner un effort de bas en haut ou de haut en bas et équilibrer les tendances à monter ou à descendre. L'autre procédé consiste à munir l'aérostat de plans mobiles autour d'un axe horizontal et transversal. Ces plans, que l'on peut manœuvrer de manière à présenter au courant d'air soit leur face supérieure, soit leur face inférieure, légèrement inclinées à la volonté du pilote, reçoivent ainsi une poussée de haut en bas ou de bas en haut qui produit le même effet que les hélices à axe vertical. Ces plans peuvent être placés, d'ailleurs, de deux façons différentes. Si on les dispose vers la verticale du centre de gravité de l'appareil, ils agissent par la poussée verticale qu'ils reçoivent eux-mêmes. Si, au contraire, on les place vers l'arrière, ils font l'office de gouvernails horizontaux et déterminent une inclinaison de l'axe du navire aérien, et c'est le ballon lui-même qui éprouve la poussée verticale désirée.

On a proposé aussi des dispositifs permettant de donner à l'axe de l'hélice propulsive une inclinaison plus ou moins grande avec l'horizontale, de façon à obtenir une composante verticale dans un sens ou dans l'autre.

Tous ces procédés sont rationnels, tous absorbent une quantité, assez faible d'ailleurs, de la puissance motrice, et la pratique seule permettra de choisir entre eux. Celui dont la réalisation est la plus simple, et qui a eu jusqu'ici toutes les préférences, est celui de plans mobiles autour d'un axe horizontal transversal.

La stabilité de route consiste dans la propriété, pour un navire aérien, d'avoir constamment son axe tangent à la trajectoire qu'il parcourt. On comprend, en effet, que, si cette propriété fait défaut, l'aérostat tournera comme une toupie et qu'aucune direction ne sera possible.

Pour que cette propriété soit assurée, il faut que, chaque fois que l'axe de l'aérostat fera dans le plan horizontal un angle avec la tangente à la trajectoire, il ait immédiatement une tendance à ramener cet axe dans la direction de la route suivie. Pour cela, il faut compter sur la résistance de l'air et disposer des surfaces de telle sorte que cette résistance ramène l'axe dans la direction voulue dès qu'il s'en écarte à droite ou à gauche. Pour que ces surfaces soient efficaces, il faut qu'elles soient suffisamment développées et, en outre, qu'elles soient placées à une distance suffisante en arrière du centre de gravité, de manière que les forces résultant des courants d'air qui agissent sur elles aient un grand bras de levier et puissent énergiquement ramener le ballon dans la direction voulue.

Dans ce but, il convient de donner au ballon une forme dissymétrique, le gros bout en avant, de manière à amener autant que possible le centre de gravité de ce côté et à augmenter par le fait le bras de levier des surfaces stabilisatrices de l'arrière. Mais on ne peut pas compter sur le ballon lui-même pour constituer ces surfaces stabilisatrices, qui

Digitized by Google

doivent former une sorte de quille située dans le plan vertical de l'axe du navire aérien. De nombreux dispositifs ont été proposés dans ce but; les ballons à carcasse rigide permettent, il faut le reconnaître, assez facilement cette installation, mais ceux qui, avec raison selon moi, ne veulent pas admettre ce mode de construction, peuvent néanmoins obtenir le résultat voulu au moyen de surfaces d'étoffes tendues verticalement entre la nacelle et le ballon, ou, mieux encore, au moyen d'empennages en forme de ballonnets, préconisés par le Cᵗ Renard. Nous en reparlerons avec plus de détails à propos de la stabilité longitudinale.

La stabilité longitudinale est la propriété que possède le navire aérien de conserver son axe dans la position horizontale ou dans une position légèrement inclinée, par suite d'une manœuvre volontaire de l'aéronaute. En d'autres termes, c'est la stabilité contre les mouvements de tangage. C'est, en somme, dans le plan vertical, une chose analogue à ce qu'est la stabilité de route dans le plan horizontal.

Mais ici les difficultés pour obtenir la stabilité sont beaucoup plus grandes et les inconvénients beaucoup plus graves si l'on ne peut y réussir.

Parlons d'abord des inconvénients. Si la stabilité de route fait défaut, on en est quitte pour éprouver de la difficulté à maintenir une direction déterminée; la vitesse propre utile se trouve réduite, et la dirigeabilité totale peut faire défaut; mais, en somme, on ne court aucun danger, et, s'il n'est plus dirigeable, le navire aérien n'en est pas moins un aérostat. Si l'on manque de stabilité longitudinale, au contraire, l'axe du ballon prend une inclinaison plus ou moins grande avec l'horizontale, ce qui peut entraîner les plus grands périls.

Si, comme on l'a toujours fait (et il est, d'ailleurs, à peu près impossible de faire autrement), on a eu soin de placer le centre de gravité G (fig. 9) à une distance assez notable au-dessous du centre P de poussée de bas en haut, c'est-à-dire au-dessous du centre de gravité du gaz du ballon, lorsque l'aérostat prend une position inclinée (fig. 10), il se développe un couple stabilisateur qui a pour effet de tendre à ramener l'ensemble dans sa position normale. Il semble donc que tout doit rentrer rapidement dans l'ordre. Il n'en est malheureusement rien, et il y a à cela des causes d'ordre différent.

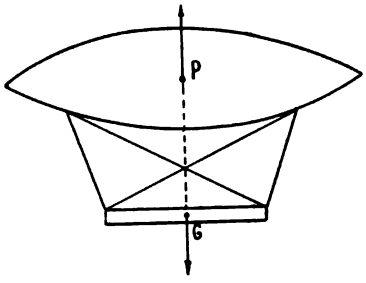


Fig. 9.

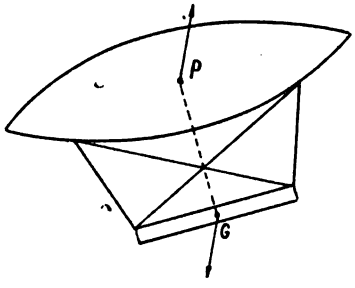


Fig. 10.

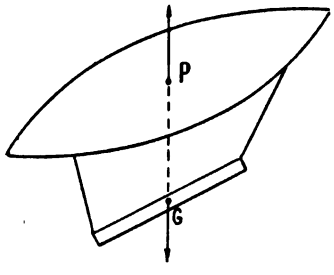


Fig. 11.

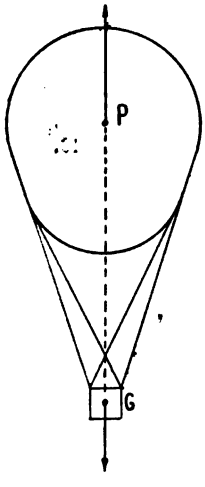


Fig. 12.

Si un aérostat dirigeable était constitué uniquement par des parties solides, les points d'application P de la force ascensionnelle et G du poids total resteraient invariables; mais il n'en est pas ainsi dans la pratique : le point G ne bouge pas sensiblement par rapport à la nacelle, mais le point P se déplace en cas d'inclinaison et toujours dans le sens voulu pour diminuer la valeur du couple stabilisateur.

Nous avons vu plus haut l'importance qu'il y a d'assurer d'une façon invariable la liaison de la nacelle et du ballon. Il est clair que, si cette condition n'était pas remplie, et que le navire aérien vînt à s'incliner, la nacelle et le ballon, au lieu de se déplacer comme un corps rigide, se déplaceraient comme un quadrilatère articulé; le point G resterait sensiblement sous la verticale du point P, et le couple stabilisateur serait nul (fig. 11). On a fait le nécessaire pour éviter cet inconvénient; mais les organes qui relient la nacelle au ballon ne sont pas absolument inextensibles, et, dans la pratique, il y a, en cas d'inclinaison, un certain déplacement de la nacelle vers le bas; le point G se rapproche un peu de la verticale du point P (fig. 10), ce qui diminue le moment du couple stabilisateur. Ce fait n'a, d'ailleurs, pas grande importance avec une suspension bien étudiée.

Digitized by Google

Il est une autre cause beaucoup plus grave, qui tient au ballon lui-même. Considérons un ballon dirigeable allongé, construit de manière à prendre, sous l'influence de la pression intérieure, la forme d'un solide de révolution à axe horizontal. Lorsque ce ballon est gonflé d'un gaz plus léger que l'air, sa section transversale n'est pas un cercle, mais elle a la forme d'un ovale dont le grand axe est vertical, ovale renflé à sa partie supérieure et plus effilé vers le bas (fig. 12). Ce phénomène tient à deux causes : d'une part, en raison de sa force ascensionnelle, le gaz tend à s'accumuler vers la partie haute du ballon et la pression en ce point est plus élevée qu'à la partie basse. La partie supérieure est donc plus régulièrement gonflée, étant soumise à une pression plus forte. D'autre part, la nacelle, portant un poids considérable, est reliée au ballon par des cordages, et, sous l'influence du poids appliqué en G, elle tend à s'éloigner le plus possible du ballon, à rapprocher de la verticale les cordages de la suspension qui s'appuient sur la droite et sur la gauche de celui-ci, et par conséquent à le comprimer latéralement dans sa partie inférieure. Au point de vue de la stabilité, ce phénomène semble n'avoir aucun inconvénient; au contraire, puisque, en somme, la distance PG des points d'application de la poussée et du poids est plus grande qu'elle ne le serait si le ballon pouvait prendre absolument la forme géométrique pour laquelle il a été construit. Mais si, pour une cause quelconque, l'aérostat vient à s'incliner (fig. 10), le gaz tendra à s'accumuler vers la pointe la plus élevée; cette extrémité du ballon sera donc plus gonflée, tandis que l'extrémité inférieure tendra à mollir, et le point d'application P de la poussée se déplacera vers le haut, de manière à réduire le moment du couple stabilisateur. Cet effet viendra s'ajouter à celui qui résultera de la déformation partielle des organes de suspension qui relient le ballon à la nacelle; en effet, pendant que le point P se déplacera vers le haut, le point G se déplacera vers le bas et les verticales de ces deux points se rapprocheront l'une de l'autre.

Fig. 13.

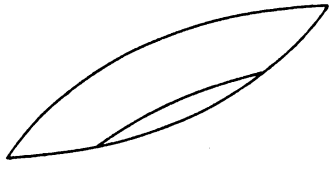


Fig. 14.

Fig. 15.

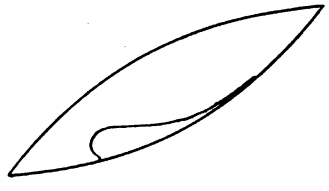


Fig. 16.

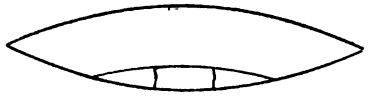


Fig. 17.

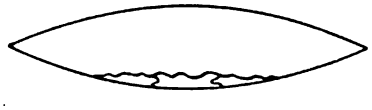


Fig. 18.

Fig. 19.

Si le ballon est bien gonflé, ce phénomène ne sera pas très important; mais il n'en serait plus de même si le ballon était incomplètement gonflé et s'il ne possédait pas de ballonnet. Dans ce cas, en effet, dans la position horizontale, la partie inférieure serait flasque, ce qui n'empêcherait pas le centre de poussée de se trouver à sa place normale. Mais, si l'aérostat vient à s'incliner, tout le gaz se portera vers la partie haute et la pointe basse sera complètement flasque; par conséquent, le centre de poussée se déplacera non pas d'une faible quantité, mais d'une longueur considérable vers le haut, et ce déplacement pourra annuler complètement le moment du couple stabilisateur. Si la vacuité est assez grande, il pourra même arriver que le point P dépasse la verticale du point G, que le moment du couple change de signe, et que, par conséquent, celui-ci, au lieu d'avoir une tendance à ramener l'aérostat dans sa position normale, ait, au contraire, pour résultat d'exagérer l'inclinaison; il y aurait là un danger grave. En effet, toutes les pièces du navire aérien ont été calculées pour résister aux efforts qui leur sont appliqués dans la position horizontale ou dans une position sensiblement voisine; lorsque, au contraire, l'axe se rapproche de la verticale, il n'en est plus ainsi : les cordages et les autres pièces peuvent être soumis à des efforts absolument anormaux et dépassant toutes les prévisions; les charges qui devaient être réparties entre eux d'une manière à peu près uniforme ne seront plus appliquées qu'à un petit nombre, pendant que les autres deviendront inutiles, et les accidents les plus graves pourront se produire. Si le mouvement s'exagère, le ballon pourra même avoir son axe vertical et se séparer complètement de la nacelle. Ce ne sont pas là de simples hypothèses : l'accident de Giffard en 1855,

Digitized by Google

la catastrophe de Bradsky en 1902, n'ont pas d'autre cause; les dirigeables expérimentés par ces inventeurs n'avaient pas de ballonnets et la stabilité longitudinale leur faisait complètement défaut.

L'emploi du ballonnet, que nous avons vu remplir un rôle si efficace au point de vue de la permanence de la forme, vient diminuer dans des proportions très notables les causes d'instabilité que nous avons étudiées. Si l'on examine, en effet, les figures 13 et 14, on se rend compte que, lorsque le ballonnet est complètement plein d'air, les choses se passent de la même manière qu'avec un ballon plein. C'est déjà un avantage énorme de retrouver la stabilité au moment où l'on a perdu la quantité de gaz maxima, c'est-à-dire au moment où, de ce chef, se produirait la plus grande instabilité possible pour un ballon sans ballonnet. Supposons maintenant que le ballonnet soit à moitié rempli d'air, c'est-à-dire qu'on ait perdu la moitié du gaz considéré comme disponible. Si le ballon vient à s'incliner, l'air se portera à la partie inférieure du ballonnet (fig. 15 et 16), mais celui-ci ayant des dimensions plus restreintes que le ballon, il ne pourra gagner la pointe basse de celui-ci; le déplacement du centre de poussée aura lieu vers le haut, mais sera beaucoup moins considérable, les mouvements du gaz se trouvant limités par la présence de l'air dans le ballonnet. Il est facile de se rendre compte, et on peut le démontrer rigoureusement, que, dans un ballon à ballonnet, l'instabilité due au déplacement du gaz est la même que dans un ballon qui aurait un volume identique à celui du ballonnet.

Cet accroissement de stabilité dû à la présence du ballonnet est extrêmement précieux; mais, dans les ballons ayant un certain allongement, 5 ou 6 par exemple, ce ne sera pas encore suffisant. Aussi, dans le ballon *La France*, le Colonel Renard avait-il imaginé de partager le ballonnet en trois compartiments par des cloisons verticales. Les figures 17, 18 et 19 démontrent l'avantage de cette disposition, qui limite d'une manière considérable les déplacements de l'air et du gaz et, par conséquent, réduisent à fort peu de chose le déplacement nuisible du centre de poussée P. Ces cloisons sont devenues depuis d'un emploi courant.

VI

Nous venons de voir les causes d'instabilité purement statique et d'indiquer de quelle manière on peut y porter remède. Mais il y a des causes d'instabilité beaucoup plus graves, qui sont d'ordre dynamique. Ces causes n'ont été soupçonnées que dans ces dernières années, et le Colonel Renard élucida complètement cette délicate question vers la fin de son existence. Il fit à ce sujet, dans les derniers mois de sa vie, trois communications à l'Académie des Sciences, les 6 juin, 20 juin et 18 juillet 1904. Le lecteur qui désirerait quelques développements sur cette question pourra se reporter à ces communications; ce qui va suivre n'en est qu'un exposé un peu moins ardu que le texte même, resserré dans les limites prescrites par le règlement de l'Académie; nous en citerons même certains passages qui donnent une idée de la question avec cette précision lapidaire qui était une des qualités les plus remarquables de l'éminent ingénieur.

Lorsqu'une carène fusiforme symétrique est suspendue par un axe horizontal passant par son centre de gravité, elle est, au point de vue statique, dans un équilibre indifférent. Si cette carène reçoit un courant d'air parallèle à son axe, que nous supposerons horizontal, l'équilibre n'est pas troublé, mais il est éminemment instable, et si, pour une cause quelconque, l'axe cesse d'être parallèle à la direction du courant d'air, il s'en écarte de plus en plus et ne retrouve son équilibre que dans une position perpendiculaire à ce courant. D'après cela, si un ballon dirigeable avait une forme symétrique et s'il n'y avait pas de couple stabilisateur, la moindre inclinaison de l'axe irait en s'accentuant, jusqu'à ce qu'il devînt vertical; ce serait l'instabilité absolue. Dans les formes dissymétriques, le gros bout en avant, cette instabilité est diminuée, mais elle n'en existe pas moins; d'après les expériences faites par le Colonel Renard, à chaque inclinaison correspond un couple perturbateur qui, pour les petits angles (jusqu'à 20°), est sensiblement proportionnel au sinus de l'angle d'inclinaison, au poids de l'air, au cube du diamètre du ballon et au carré de la vitesse. Le couple stabilisateur, au contraire, est proportionnel au sinus de l'angle d'inclinaison, au poids de l'air, et à la quatrième puissance du diamètre du ballon, mais ne dépend en rien de la vitesse; il en résulte que le couple stabilisateur peut être supérieur ou inférieur à l'autre. Ce qu'il faut, c'est que le couple stabilisateur soit supérieur au couple perturbateur; or, l'un et l'autre sont fonction du diamètre, du poids de l'air et de l'angle d'inclinaison; mais le dernier seul dépend de la vitesse et augmente rapidement avec elle. Il s'ensuit que, pour un ballon donné, si la vitesse horizontale est nulle ou faible, le couple stabilisateur sera supérieur au couple perturbateur, et le ballon jouira de la stabilité longitudinale; mais, à mesure que le mouvement s'accélérera, le couple perturbateur augmentera rapidement, tandis que le couple stabilisateur restera constant. Il y aura donc une certaine vitesse pour laquelle les deux couples seront égaux entre eux, et l'équilibre sera indifférent. C'est cette vitesse à laquelle le

Digitized by Google

Colonel Renard a donné le nom de *vitesse critique*. Au delà de cette limite, le couple perturbateur sera prédominant et le ballon instable.

Cette considération de la vitesse critique est de la plus haute importance. En effet, considérons un aérostat dirigeable d'un type donné, *La France* par exemple; le moteur de 9 chevaux qu'il possédait en 1885 lui procurait une vitesse propre de 6ᵐ,50 par seconde. Mais on sait qu'en augmentant la puissance du moteur, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse croît comme la racine cubique de cette puissance. En allégeant indéfiniment les moteurs, on pourrait donc espérer augmenter indéfiniment cette vitesse; mais, à partir du moment où la vitesse critique est atteinte, l'instabilité s'oppose à la marche régulière du navire aérien. La puissance motrice dont on pourrait encore disposer devient donc inutilisable. D'après les calculs du Colonel Renard, la vitesse critique du ballon *La France* serait de 10 mètres par seconde. Pour lui imprimer cette vitesse critique, il faudrait un moteur de 24 chevaux. Or, il serait actuellement possible de placer à bord de cet aérostat un moteur de 60 chevaux, qui pourrait lui procurer une vitesse de 13ᵐ,50 par seconde. On voit donc que, étant donnée la vitesse critique de l'aérostat en question, il serait absolument inutile de le munir d'un moteur de 60 chevaux, puisque 24 suffisent à lui donner la vitesse maxima qu'il peut atteindre; cette vitesse maxima, au lieu d'être de 13ᵐ,50, n'est plus que de 10 mètres, ce qui diminue énormément les chances de dirigeabilité totale.

En appliquant les mêmes calculs au *Santos-Dumont* n° 6 et au premier *Lebaudy*, on trouve les résultats suivants. Pour le *Santos-Dumont*, la vitesse critique est de 8ᵐ,50, et un moteur de 7 chevaux et demi suffit pour l'obtenir; l'aérostat pourrait être muni d'un moteur de 22 chevaux et atteindre une vitesse de 12ᵐ,10 si sa stabilité longitudinale était assurée. Pour le *Lebaudy*, la vitesse critique est de 10ᵐ,80, nécessitant une puissance de 41 chevaux. Si cet aérostat était stable, il pourrait porter une machine de 95 chevaux, qui lui donnerait une vitesse propre de 14ᵐ,20.

Nous empruntons la conclusion de ce qui précède au Colonel Renard : « La vitesse critique est relativement faible pour les ballons usuels. Elle est inférieure à celle qui serait nécessaire pour rendre les aérostats pratiquement dirigeables, c'est-à-dire pour les mettre en état de sortir tous les jours avec certitude de succès. Elle est inférieure à la vitesse que les moteurs actuels permettraient d'obtenir, et il en résulte que, dans l'état actuel des choses, de nouveaux progrès dans la voie de l'allégement des moteurs ne peuvent plus contribuer en rien à augmenter la vitesse propre des ballons. La difficulté du problème de la direction des ballons a donc changé de nature.

« Elle semblait consister uniquement naguère dans la recherche des moyens d'augmenter la puissance motrice en allégeant le poids de l'unité de puissance; aujourd'hui, un nouvel obstacle apparaît : celui de l'instabilité longitudinale des ballons en marche, et, tant qu'il ne sera pas franchi ou tourné, les nouveaux progrès des moteurs ne feront pas avancer la question. »

Dans un langage moins académique, le Colonel Renard exprimait la même idée en ces termes : « Si un aérostat dirigeable peut atteindre sa vitesse critique grâce à l'emploi d'un moteur de 20 chevaux, si on lui donne un moteur de 100 chevaux, les 20 premiers chevaux serviront à faire progresser le navire aérien et les 80 autres à se casser le cou. »

En fait, la situation est plus mauvaise encore que ne semblent l'indiquer les considérations qui précèdent, car, dans la pratique, on est obligé de se tenir notablement au-dessous de la vitesse critique; ce n'est pas à 10 mètres, ou à 8ᵐ,50, ou à 10ᵐ,80 que devaient se borner et que se sont bornées, en effet, les vitesses de *La France*, du *Santos-Dumont*, et du *Lebaudy*, mais elles n'ont guère dépassé 7ᵐ à 8ᵐ,50 par seconde.

Voilà ce que disait le Colonel Renard, le 6 juin 1904. Mais il n'était pas de ceux qui se bornent à signaler les maux sans indiquer les remèdes, et quelques jours après, le 20 juin et le 18 juillet, il les exposait à l'Académie des Sciences, ainsi que nous allons le rappeler.

Il convient, avant tout, de remarquer qu'il ne s'agit pas, dans ce qui précède, des causes permanentes d'inclinaison de l'aérostat, telles, par exemple, que celle qui est due à ce que le point d'application de la force propulsive ne passe pas par le centre de poussée du navire aérien, mais qu'il est généralement situé au-dessous, et, par conséquent, a une tendance à relever l'avant de l'aérostat. Cette cause d'inclinaison est bien déterminée, et il est facile d'en calculer les effets. Lorsqu'on sait de quel angle l'axe longitudinal doit se relever de ce fait, on peut ou tolérer cette inclinaison, ou la combattre d'une façon élémentaire, par exemple par une répartition convenable des poids. Il en est de même de toutes les autres causes permanentes, moins importantes que celle-ci, qui peuvent exister, mais qui ne donnent lieu à aucune difficulté sérieuse pour l'ingénieur aéronaute.

Les causes d'instabilité longitudinale dont nous avons parlé plus haut sont toutes différentes; elles ont un caractère à la fois accidentel et systématique. Elles sont accidentelles en ce sens qu'il est difficile de prévoir et d'expliquer l'origine de ces mouvements; la moindre dissymétrie dans la forme,

Digitized by Google

la moindre différence dans la vitesse de l'air ambiant, la moindre variation dans la répartition des poids peuvent provoquer un commencement d'inclinaison de l'axe longitudinal. Elles sont systématiques en ce sens que, dès qu'on a atteint ou dépassé la vitesse critique, si elles commencent à se produire, elles vont en s'exagérant jusqu'à ce que l'axe prenne une position voisine de la verticale, et absolument inadmissible et dangereuse; lorsque, sans avoir encore atteint la vitesse critique, on s'en est déjà rapproché suffisamment, les mouvements de tangage ont une amplitude déjà inquiétante, le ballon présente à la marche en avant des surfaces considérables, l'aérostat devient inhabitable et ingouvernable.

Plusieurs moyens peuvent être proposés pour remédier à cet inconvénient prohibitif.

La première idée qui vient à l'esprit, c'est d'augmenter le moment du couple stabilisateur, et il n'y a pour cela que deux moyens : augmenter le poids total de l'appareil, ou augmenter le bras de levier GP, distance du centre de gravité au centre de poussée (fig. 9). Pour le poids, on est limité par la force ascensionnelle de l'aérostat, et il n'y a rien à faire de ce côté. Quant au bras de levier, on ne peut pas aller bien loin dans cette voie, car, en abaissant outre mesure la nacelle au-dessous du ballon, on rend plus difficile la liaison invariable de ces deux organes, et nous avons vu que c'est la condition indispensable à la direction, et même à la stabilité; d'autre part, on augmente considérablement les résistances accessoires dues aux cordages de suspension, qui sont d'une extrême importance, quelque précaution qu'on prenne pour les atténuer. Les aérostats qu'on a cités plus haut sont, sous ce rapport, dans des conditions de stabilité aussi complètes que possible, et il n'y a pas à espérer qu'on fasse beaucoup mieux.

On a préconisé l'emploi de contre-poids mobiles, soit qu'ils puissent se déplacer longitudinalement d'un bout de la nacelle à l'autre, comme on l'avait fait dans *La France* en 1884, soit qu'on les suspende très au-dessus de la nacelle au moyen d'un long bras de levier dont on peut faire varier l'inclinaison, comme on a pu le voir dans l'aérostat *Zeppelin*. Ce système est beaucoup moins efficace qu'il ne le paraît à première vue. Qu'il soit manœuvré automatiquement ou par l'aéronaute, il sera à peu près impossible qu'il arrive en temps utile à produire l'effet voulu; comme les célèbres carabiniers d'Offenbach, il arrivera toujours trop tard et fera plus de mal que de bien, en augmentant les oscillations au lieu de les corriger. En admettant même qu'il soit d'un fonctionnement parfait et sûr, il ne fera que reculer les limites de la vitesse critique, car son effet, purement statique, est constant à toutes les allures, tandis que le couple perturbateur augmente proportionnellement au carré de la vitesse. Il y aura donc forcément une vitesse à partir de laquelle les contre-poids mobiles seront insuffisants.

Il fallait trouver autre chose. Le système stabilisateur idéal doit manœuvrer automatiquement dès la plus légère inclinaison de l'axe du ballon et avoir un effet proportionnel au carré de la vitesse. Pour obtenir ce dernier résultat, il est tout naturel de penser que l'engin stabilisateur, de même que le couple perturbateur, doit agir en vertu de la résistance de l'air à l'avancement. S'il en est ainsi, son effet variera proportionnellement au carré de la vitesse comme le couple perturbateur, et, si la stabilité est assurée à une certaine allure, elle le sera pour toutes les autres, puisque les forces perturbatrices et stabilisatrices varieront suivant la même loi. C'est ce que le Colonel Renard a exposé à l'Académie des Sciences. Dans sa communication du 20 juin 1904, il s'exprimait en ces termes :

« Si l'on ne modifie pas radicalement les conditions de stabilité..., les nouvelles expériences qu'on pourra tenter n'aboutiront qu'à des déceptions.

« Les vitesses pratiques resteront limitées à 8 ou 9 mètres par seconde en dépit des progrès des moteurs, tandis qu'il faudrait 14 ou 15 mètres pour que le problème puisse être considéré comme résolu.

« Il faut donc renoncer aux ballons dirigeables ou construire des carènes stables.

« Le type d'un carène stable est la *flèche empennée*. Les surfaces d'empennage (plans passant par l'axe longitudinal), placées très en arrière du centre de gravité, donnent à la flèche la propriété de marcher constamment suivant la tangente à sa trajectoire.

« Ici le couple perturbateur est remplacé par un couple redresseur proportionnel à sinus α et à V^2. Ce couple est proportionnel au moment superficiel *des pennes* par rapport au centre de gravité. C'est à ce moment superficiel que nous proposons de donner le nom d'*empennage*. »

D'après le Colonel Renard, l'empennage est donc défini : le produit de la surface des pennes par la distance du centre de gravité de ces surfaces au centre de gravité de l'appareil.

Partant de la formule qu'il a donnée du couple perturbateur et des formules connues de la résistance de l'air, il arrive à calculer ce qu'il appelle l'empennage strict, c'est-à-dire celui qui suffirait à annuler complètement le couple perturbateur. Pour un ballon de forme analogue à celle de *La France*, ayant 10 mètres de diamètre, l'empennage strict pourrait être obtenu avec une surface de 40 mètres carrés placés à 26 mètres en arrière du centre de

Digitized by Google

gravité : la valeur de l'empennage serait de 1.040, produit de la surface par le bras de levier. L'expérience sur des modèles en petit a vérifié les résultats du calcul.

Il s'agissait de réaliser dans la pratique les empennages. Deux procédés se présentaient à l'esprit : les fixer à la nacelle ou les fixer au ballon.

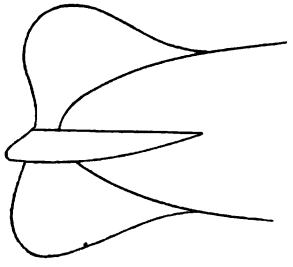


Fig. 20.

En les fixant à la nacelle, comme on ne peut donner au bras de levier qu'une longueur relativement limitée, on est amené à avoir des surfaces considérables et, par conséquent, fort lourdes.

En les rattachant au ballon, on peut diminuer notablement l'étendue des surfaces; mais on est arrêté par un autre genre de difficulté, celui de fixer des parties rigides à l'étoffe du ballon. Pour les ballons à carcasse rigide, comme le *Zeppelin*, la chose est facile; mais nous avons vu au prix de quels inconvénients cette facilité est achetée. Pour le *Lebaudy*, qui est en partie armé d'un bâti rigide, on a pu en profiter pour fixer, dans des conditions d'ailleurs assez mauvaises, des surfaces stabilisatrices dont le bras de levier est insuffisant. Dans le *Patrie*, on a ajouté des sortes de nageoires représentées par la figure 20; j'ignore quel est en détail le mode de fixation adopté, mais ce que je puis affirmer, c'est que, quel qu'il soit, il n'est pas sans présenter des inconvénients pour la solidité du ballon et, par suite, des dangers réels. Le Colonel

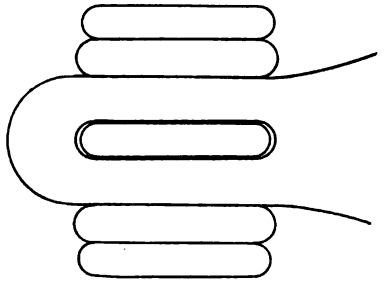


Fig. 21

Renard proposa, dans sa communication du 10 juillet 1904, de constituer les surfaces stabilisatrices des empennages par des ballonnets extérieurs au ballon principal et fixés à celui-ci (fig. 21). Ces ballonnets étant, comme le ballon lui-même, composés d'une enveloppe en étoffe souple remplie de gaz, leur fixation rentre dans les procédés habituels des constructions aéronautiques et ne présente à aucun degré l'inconvénient des pièces rigides mises en contact avec le ballon. De plus, leur poids très faible peut être équilibré par le gaz qu'on y introduit.

Les idées émises par le Colonel Renard ont été appliquées par M. Surcouf dans la construction de l'aérostat *Ville-de-Paris*, et l'expérience a prouvé hautement l'efficacité du procédé.

On remarquera que, dans le *Ville-de-Paris* comme dans le *Lebaudy*, outre les surfaces d'empennage horizontales, il y en a de verticales, celles-ci étant destinées à assurer la stabilité de route.

On peut reprocher aux ballonnets stabilisateurs du Colonel Renard un aspect peu flatteur au point de vue esthétique; c'est évidemment un inconvénient secondaire pour un appareil qui fonctionne bien; néanmoins, il ne faut pas négliger ce côté de la question, et l'inventeur lui-même s'en est constamment préoccupé. On arrivera certainement, tout en respectant le principe, à améliorer les formes, auxquelles, d'ailleurs, l'œil s'habituera peu à peu.

Je viens d'exposer les conditions que doit présenter un aérostat pour être dirigeable; elles se résument en ceci :

Donner au navire aérien, par rapport à l'air ambiant, une vitesse propre supérieure à la vitesse du vent, et, à cet effet, il faut disposer d'une puissance motrice aussi considérable que possible sous un poids aussi faible que possible; — actionner au moyen de ce moteur un propulseur convenablement disposé; — donner au ballon une forme allongée de manière à diminuer la résistance de l'air à l'avancement; — assurer la permanence de la forme; — relier la nacelle au ballon d'une manière invariable; — disposer d'un gouvernail ou de tout autre système d'orientation; — posséder les trois stabilités : stabilité en altitude, stabilité de route, stabilité longitudinale.

A l'heure actuelle, tout le monde est d'accord pour reconnaître que ce sont là les véritables données de la question. Il n'en fut pas toujours ainsi, et il est inutile de dire que c'est au Colonel Renard que revient en très grande partie l'honneur d'avoir établi ces principes et de les avoir, par le raisonnement et par l'expérience, imposés à l'assentiment général.

Il nous restera à voir, dans un second article, comment les différents aérostats dirigeables qui ont été construits et expérimentés jusqu'ici ont été établis d'une manière plus ou moins conforme à ces principes, à quel point on en est actuellement arrivé et quels progrès on doit attendre de l'avenir.

Commandant Paul Renard.

Digitized by Google

RECHERCHES MODERNES SUR LES POIDS ATOMIQUES

La détermination des poids atomiques exacts est une question d'un intérêt actuel tout spécial : nos idées sur la constitution de la matière, sur la notion jusqu'ici fondamentale de *corps simple*, sont, en effet, en passe de se modifier profondément grâce aux lumières nouvelles que jettent sur ces idées les recherches toujours plus étendues concernant les propriétés des corps radio-actifs et la théorie électronique.

Depuis des temps très reculés, l'hypothèse de l'unité de la matière, si séduisante pour l'esprit humain toujours assoiffé de simplicité, sert de point de départ à des controverses nombreuses. Lorsque la science eut abandonné les spéculations métaphysiques pour les bases fermes de l'expérience, on s'habitua peu à peu à considérer cette matière comme capable de revêtir diverses formes spéciales et irréductibles, les *éléments*, donnant naissance à tous les corps connus par leur union en proportions variées. Si ancrée était même cette idée que, jusqu'à ces derniers temps, des savants éminents énonçaient formellement l'impossibilité de passer d'un élément à un autre, et rangeaient la transmutation des corps simples dans la même catégorie que la quadrature du cercle ou le mouvement perpétuel.

L'idée unitaire rencontrait cependant encore bien des défenseurs qui, pour la soutenir, invoquaient le fait que les poids atomiques sont très voisins de nombres entiers, et que, par suite, les divers éléments pourraient bien dériver tous du plus léger d'entre eux, l'hydrogène. Certains essaient même encore aujourd'hui de démontrer que les rapports atomiques peuvent être considérés comme rigoureusement simples, et que les exceptions présentées à cette loi par les déterminations même les plus précises sont entièrement imputables aux erreurs d'expérience. Nous verrons, en terminant cette brève étude, que cette opinion n'est guère soutenable.

Les découvertes relatives aux phénomènes radioactifs, à la désintégration des atomes de corps réputés simples et surtout les expériences récentes de Sir W. Ramsay, qui ont révolutionné le monde savant en montrant la possibilité d'une véritable transmutation des éléments, sont venues ressusciter les théories unitaires, en leur donnant, il est vrai, une forme nouvelle et inattendue, mais précise et féconde.

Pour expliquer l'ensemble des phénomènes auxquels nous venons de faire allusion, on a été conduit à édifier la *théorie électronique*, qui présente, en outre, l'incomparable avantage de grouper sous une même hypothèse la plupart des faits scientifiquement acquis, et de rendre compte des propriétés physiques les plus importantes de la matière. Les atomes ne sont plus considérés comme les particules dernières et insécables des corps; on les regarde, au contraire, comme formés d'éléments beaucoup plus petits, se comportant comme des centres électrisés, et tourbillonnant les uns autour des autres à la façon des planètes d'un système solaire en miniature. Ces éléments ultimes, électrons ou corpuscules, semblent être les mêmes, quelle que soit leur origine; il est donc permis de voir en eux la matière primordiale, une et identique dans tous les corps.

Dans cette théorie nouvelle, la notion de « corps simple » prend naturellement une signification spéciale; les éléments ne sont évidemment plus irréductibles par nature; ils peuvent, au contraire, se transformer, se *désintégrer* les uns dans les autres. Les atomes représentent seulement les assemblages particulièrement stables des électrons primitifs, assemblages dont on n'avait jamais pu jusqu'ici constater la fragmentation, et qui paraissent traverser intacts les diverses réactions chimiques par lesquelles ils entrent en contact les uns avec les autres.

Parmi toutes les propriétés des atomes ainsi conçus, l'une des plus fondamentales et des plus intéressantes au point de vue des idées nouvelles elles-mêmes est, sans contredit, leur *masse*. Cette masse, rapportée à celle d'un élément typique pris comme base, l'hydrogène ou l'oxygène par exemple, porte le nom de *poids atomique*, et l'on comprend dès lors tout l'intérêt qui s'attache à la détermination de ces rapports atomiques, et comment, à l'heure actuelle, une foule de chercheurs s'occupent à reprendre, — en s'efforçant de leur donner plus de précision, — les travaux classiques des Berzélius, des Dumas, des de Marignac, des Stas, etc.

Essayons donc de caractériser brièvement tout d'abord les diverses méthodes mises en œuvre dans cette revision des poids atomiques; nous verrons ensuite les conséquences à tirer des résultats acquis.

On peut classer les méthodes en deux grands groupes : les méthodes *chimiques* et les méthodes *physico-chimiques*.

I. — Méthodes chimiques.

Les méthodes chimiques sont identiques en principe à celles qui ont été employées dans les travaux classiques que nous venons de rappeler, c'est-

Digitized by Google

à-dire qu'elles sont basées sur l'analyse ou la synthèse quantitative de produits aussi purs que possible. Les progrès accomplis résident, d'une part, dans la technique expérimentale, et, d'autre part, dans le choix des rapports qui doivent permettre de calculer le poids atomique étudié dans le système O = 16 actuellement adopté, en passant par un minimum d'intermédiaires.

La technique moderne de purification des corps destinés à la détermination des poids atomiques a tiré grand profit du développement de la Chimie physique ainsi que de l'invention d'appareils nouveaux. La cristallisation fractionnée, la distillation fractionnée, — notamment celle des gaz liquéfiés, — la centrifugation, l'emploi de récipients en quartz fondu, beaucoup moins attaquable que le verre ordinaire, ont rendu des services inappréciables. Il faut également signaler comme particulièrement importants le chauffage au moyen du courant électrique, l'utilisation d'appareils de Physique permettant l'estimation de précipités impondérables, le *néphélomètre*, par exemple, basé sur la diffusion de la lumière produite par les corps en suspension. Les travaux magistraux effectués par M. M. Th.-W. Richards et ses collaborateurs, à l'Université d'Harvard aux Etats-Unis, peuvent servir de type à cet égard. On en trouvera un excellent résumé dans le dernier numéro du *Journal de Chimie physique*[1].

Pour ce qui concerne les *rapports* choisis en vue du calcul des poids atomiques, on cherche, comme nous l'avons dit, à n'employer que les plus directs possibles, c'est-à-dire ceux qui fourniront d'emblée la valeur désirée en fonction de l'oxygène qui sert de base, ou tout au moins d'un élément dont le rapport à l'oxygène soit très bien établi, l'hydrogène ou le carbone par exemple. L'emploi des rapports intermédiaires, a, en effet, pour résultat forcé d'augmenter l'incertitude du résultat en accumulant sur une seule valeur les erreurs qui en entachent plusieurs. L'emploi de voies plus ou moins détournées est très certainement l'une des causes principales des inexactitudes décelées dans les travaux de Stas, travaux qui pourtant furent exécutés avec une minutie et une conscience admirables.

Les combinaisons oxygénées sont donc tout particulièrement favorables au but que se proposent les recherches dont nous parlons, et bon nombre de travaux récents les ont utilisées. Citons particulièrement comme typiques à ce point de vue les déterminations du poids atomique de l'azote effectuées par MM. Gray[2], Ph. A. Guye et Bogdan, Jaquerod et Bogdan[3] et qui ont été résumées dans une conférence faite par M. Guye à la Société chimique de Paris[1]. Les différents oxydes d'azote, notamment AzO et Az^2O que l'on n'avait pu obtenir antérieurement à l'état pur, ont pu être mis à contribution, grâce aux perfectionnements de technique dont nous avons parlé, en particulier à l'emploi de l'air liquide permettant leur purification par distillation fractionnée. L'ensemble de ces déterminations, remarquablement concordantes, a fourni comme moyenne la valeur Az = 14,01, aujourd'hui adoptée au lieu de l'ancienne valeur 14,04 longtemps admise et basée sur les travaux de Stas.

Comme exemple de corps dont les combinaisons oxygénées ne se prêtent pas à des déterminations exactes, et qui, par conséquent, ne peuvent être rapportés qu'indirectement à l'oxygène, on peut citer le chlore; au lieu d'employer pour cet élément des rapports assez détournés, comme on le faisait autrefois, MM. Dixon et Edgar ont opéré la synthèse directe de l'acide chlorhydrique, afin d'établir le rapport $\frac{Cl}{H}$; le rapport $\frac{H}{O}$ étant connu avec une grande précision, par les travaux de M. Morley notamment, on en déduit très directement le poids atomique du chlore dans le système O = 16. La valeur obtenue est 35,463, sensiblement plus élevée que celle de Stas, mais probablement beaucoup plus voisine de la réalité.

II. — Les méthodes physico-chimiques.

Les méthodes physico-chimiques semblent actuellement permettre d'obtenir une précision égale à celle des meilleures méthodes chimiques; du moins fournissent-elles des résultats comparables entre eux, et comparables à ceux de la première classe, dans un assez grand nombre de cas. Voici le principe sur lequel elles reposent :

D'après l'hypothèse d'Avogadro, des volumes égaux de deux gaz, pris dans les mêmes conditions de pression et de température, contiennent le même nombre de molécules; les densités gazeuses normales (c'est-à-dire déterminées à 0° et sous la pression de 760 millimètres de mercure), rapportées à celle de l'oxygène, supposée égale à 32 ($O^2 = 32$), devraient donc être représentées par le même nombre que les poids moléculaires, et permettre, par suite, le calcul des poids atomiques. Autrement dit, l'on devrait avoir la relation :

$$M = \frac{D}{D_0} 32,$$

en appelant M le poids moléculaire d'un gaz et D sa densité normale, D_0 étant la densité normale de

[1] Tome VI, p. 92, 1908.
[2] *Thèse Bonn*, 1907.
[3] *Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences*; *Journal de Chimie physique*.

[1] *Bulletin Soc. Chim.*; *Rev. gén. des Sciences*, 1905.

Digitized by Google

l'oxygène. Or, ainsi qu'on l'a remarqué depuis longtemps, si cette relation fournit des résultats à peu près exacts pour les gaz dits permanents, tels que H^2, Az^2, CO, etc., qui sont situés à 0° bien au-dessus de leur température critique, il n'en est plus de même pour d'autres, facilement liquéfiables, comme CO^2, AzH^3, SO^2, etc. Pour ces derniers, en effet, ce mode de calcul fournit des poids moléculaires s'écartant notablement des valeurs obtenues par voies chimiques, ainsi qu'on peut en juger par l'examen du tableau ci-dessous, dans lequel nous mettons en regard les résultats déduits des deux procédés :

	CO^2	AzH^3	SO^2
Poids moléculaire calculé d'après la densité . . .	44,266	17,261	65,536
Poids moléculaire déterminé par voie chimique.	44,002	17,033	64,04

Les poids moléculaires calculés d'après la densité sont donc beaucoup trop forts, et cela d'autant plus que le gaz est plus facilement liquéfiable.

Ce résultat n'a d'ailleurs rien qui doive surprendre. Aucun gaz, en effet, n'obéit rigoureusement aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac, dites lois des gaz parfaits. Les écarts sont d'autant plus considérables que le gaz étudié est plus voisin de son point de liquéfaction, et, par suite, le rapport des densités de deux gaz, prises dans des conditions de pression et de température variant parallèlement pour tous deux, ne sera pas représenté par un nombre constant, mais dépendra des conditions choisies. Le poids moléculaire calculé dépendra donc aussi de ces conditions, et sera d'autant plus éloigné de sa valeur théorique que la pression sera plus forte et la température plus basse, si le gaz de comparaison, l'oxygène par exemple, est supposé se conduire comme un gaz parfait.

Pour obtenir des poids moléculaires exacts au moyen des densités gazeuses, il faudra par conséquent se placer dans des conditions telles que *les écarts présentés par rapport aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac soient nuls ou pratiquement négligeables*; ou encore dans des conditions telles que *ces écarts soient les mêmes pour les deux gaz à comparer*.

C'est précisément sur l'établissement de ces conditions et sur les calculs qu'elles comportent que se basent les diverses méthodes physico-chimiques servant à la détermination des poids moléculaires des gaz. Nous allons les examiner successivement en nous efforçant d'en faire ressortir nettement le principe.

§ 1. — Méthode des densités-limites.

Proposée par Lord Rayleigh[1] et M. Daniel Berthelot[1], elle constitue une extrapolation dont le but est de déterminer le rapport des densités de deux gaz *sous une pression infiniment faible*. Il ressort de ce que nous avons dit plus haut que les poids moléculaires calculés d'après les densités se rapprochent d'autant plus de leur valeur réelle que la pression est plus faible; il est donc naturel d'admettre que, sous une pression *nulle*, le rapport des densités gazeuses est rigoureusement égal au rapport des poids moléculaires. Cette hypothèse est d'ailleurs en complet accord avec la notion de « gaz parfait », considéré comme état limite vers lequel tend un gaz dont la pression diminue indéfiniment.

L'application de la méthode qui nous occupe peut se faire par deux voies expérimentales différentes. La détermination directe de la densité d'un gaz sous une pression très faible étant évidemment impossible, l'on pourra ou bien effectuer les mesures à une même température — 0° par exemple — et sous diverses pressions, puis extrapoler les résultats jusqu'à la pression zéro; ou bien encore déterminer les densités normales, à 0° et sous 760 millimètres, puis la *compressibilité* des gaz à comparer, toujours à 0°, c'est-à-dire l'écart présenté par ces gaz par rapport à la loi de Mariotte. Un calcul très simple permettra alors, en partant de ces deux données, de fixer la valeur du rapport des densités-limites.

Cette méthode, appliquée par ses auteurs et par d'autres chercheurs, fournit des poids moléculaires incomparablement plus exacts que le rapport brut des densités normales, et que l'on peut même, dans bien des cas, considérer comme très rapprochés de la réalité. Il ne semble pourtant pas qu'une exactitude parfaite puisse encore être atteinte, car les résultats obtenus avec différents gaz paraissent être fonction de la température critique de ces gaz.

Citons comme exemple les valeurs du poids atomique de l'azote calculé au moyen des densités limites des gaz AzH^3, Az^2O, AzO, Az^2, et qui sont respectivement 13,992, 13,999, 14,005 et 14,008, tandis que les travaux chimiques déjà cités conduisent au nombre de 14,009 ou 14,01. Comme on le voit, le poids atomique est d'autant plus élevé et plus voisin de la réalité que le gaz employé a une température critique plus basse.

Ces écarts proviennent-ils de l'incertitude forcée de l'extrapolation que comporte la méthode? Doivent-ils, au contraire, être attribués à un défaut dans le principe même de cette méthode? Telles sont les questions qui se posent et qu'il paraît difficile de trancher actuellement.

[1] *Roy. Soc. Proc.*, 1892.

[1] *Comptes Rendus*, 1898.

Digitized by Google

§ 2. — Méthode par réduction des éléments critiques.

Imaginée par M. Ph.-A. Guye[1], elle se ramène théoriquement à la précédente, mais repose sur un calcul basé sur l'équation d'état proposée par M. Van der Waals :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

En partant de cette équation, on démontre facilement que l'écart par rapport à la loi de Mariotte est donné par le quotient :

$$\frac{1}{(1 + a)(1 - b)};$$

la connaissance des constantes a et b de l'équation de Van der Waals permettra donc le calcul de la densité-limite, et par conséquent du poids moléculaire. Les données expérimentales nécessaires à ce calcul seront, outre la densité normale du gaz, les *constantes critiques*, qui, comme on le sait, sont en relation directe avec les valeurs de a et de b. L'équation de Van der Waals, cependant, ne représente les faits expérimentaux avec une exactitude suffisante qu'à la condition de considérer a et b non pas comme des constantes absolues, mais comme des fonctions de la température ou de la pression, ou même de ces deux variables à la fois. On comprendra dès lors qu'il soit nécessaire d'effectuer une correction sur les valeurs a et b déduites des éléments critiques, ces valeurs se rapportant évidemment à la température critique. L'auteur de la méthode effectue la réduction à 0° au moyen de formules empiriques se présentant sous deux formes différentes, suivant que le gaz considéré est, à 0°, au-dessus ou au-dessous de sa température critique; ou, autrement dit, suivant que ce gaz est, à 0°, permanent ou liquéfiable.

Ces calculs fournissent des résultats comparables en exactitude à ceux des densités-limites, et permettent un contrôle de ces derniers d'autant plus précieux que la voie suivie est, au point de vue pratique, très différente dans les deux cas.

§ 3. — Méthode basée sur l'emploi des hautes températures.

Plus la température s'élève et plus un gaz, pris sous une pression constante, se rapproche de l'état gazeux parfait, considéré comme état limite. Les densités gazeuses rapportées à l'oxygène doivent donc fournir des nombres d'autant plus voisins des poids moléculaires que la température est plus haute; tel est le principe de cette troisième méthode.

La mesure directe de densités au-dessus de 1.000 degrés, par exemple, étant impraticable pour des raisons d'ordre expérimental, la mise en œuvre de ce procédé exige la détermination du *coefficient de dilatation* moyen des gaz entre 0° et la température choisie. Les seuls auteurs qui l'aient appliqué, MM. Jaquerod et Perrot[1], ont utilisé dans ce but les données relatives à leurs déterminations du point de fusion de l'or, faites au moyen de différents thermomètres à gaz. Outre l'oxygène, gaz de comparaison, les substances employées, — Az^2, CO, CO^2 —, présentent malheureusement pour la plupart déjà à 0° des écarts trop faibles par rapport aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac pour permettre une vérification très probante : les corrections apportées aux rapports bruts des densités dépassent à peine les erreurs d'expérience. Seul l'acide carbonique fournit un résultat vraiment intéressant : le poids moléculaire à 1.067° coïncide, en effet, à $\frac{1}{5.000}$ près avec la valeur chimique, alors qu'à 0°, ainsi qu'on peut en juger d'après le tableau de la page 445, l'écart dépasse $\frac{1}{200}$.

La méthode est, en tout cas, d'une application assez limitée : d'une part, en raison des difficultés expérimentales, et d'autre part, à cause de la dissociation qui, dans bien des cas, s'opposerait à l'emploi de températures suffisamment élevées.

§ 4. — Méthode des volumes moléculaires, et méthode des densités correspondantes.

Tandis que les procédés énumérés jusqu'ici consistent en une *extrapolation* du rapport des densités gazeuses, portant soit sur la pression soit sur la température, les méthodes qui nous restent à considérer s'appuient, au contraire, sur une *interpolation*. Elles tirent toutes deux leur origine de la notion d'*états correspondants*, l'une des plus fécondes dans la Physico-chimie des fluides.

L'on sait que l'équation d'état de Van der Waals, dans laquelle on remplace la pression, le volume et la température par leurs valeurs en *unités réduites*, c'est-à-dire exprimées en fractions de la pression, du volume et de la température critiques, fournit une équation nouvelle, dite *équation réduite*, de laquelle a disparu toute constante caractéristique, et qui, par conséquent, est la même pour tous les fluides. Il en résulte que, pris à des pressions et des températures *correspondantes*, c'est-à-dire dans des conditions telles que leurs pressions et leurs températures exprimées en unités réduites soient égales, deux gaz auront les mêmes propriétés, et notamment même compressibilité et même dilatation.

[1] *C. R.*, 1904; *Journ. Chim. phys.*, 1905.

[1] *C. R.*, 1904; *Arch. des Sc. phys. et nat. de Genève*, 1905.

Digitized by Google

On voit donc, d'après ce qui a été dit plus haut, que ces deux gaz seront strictement comparables, et que le rapport de leurs densités — ramenées à 0° et 760 millimètres par exemple à l'aide des lois des gaz parfaits — devra être égal au rapport de leurs poids moléculaires. Tous deux présenteront, en effet, les mêmes écarts aux lois de Mariotte et de Gay-Lussac, écarts qui s'élimineront du rapport en question.

Ce principe a été appliqué par M. Leduc[1], puis par M. Ph.-A. Guye[2] sous deux formes un peu différentes, dans le détail desquelles nous ne pouvons entrer, et auxquelles ces savants ont donné le nom de *loi des volumes moléculaires* et *loi des densités correspondantes*. On comprend que la détermination directe de la densité de deux gaz dans des conditions correspondantes ne soit pas facilement praticable, car les pressions et les températures en question peuvent être quelconques, et souvent très éloignées des conditions normales. Le calcul de ces densités nécessitera donc la connaissance du coefficient de dilatation et de la compressibilité de l'un au moins de ces gaz, l'autre gaz pouvant toujours être pris à 0° et sous 760 millimètres. Le peu de données que l'on possède sur ces diverses quantités physiques restreint notablement l'emploi de ces méthodes; les coefficients de dilatation, en particulier, sont rarement connus dans les limites voulues de température. De plus, les constantes critiques, température et pression tout au moins, doivent être connues avec exactitude, puisqu'elles sont exigées pour la réduction des unités et l'établissement des conditions de correspondance.

Malgré le nombre de données nécessaires, les méthodes qui nous occupent sont susceptibles de fournir, et ont d'ailleurs déjà fourni des résultats très précieux. Elles offriront une exactitude particulièrement grande dans le cas où les deux gaz à comparer se trouvent, dans les conditions normales, dans des états voisins d'être correspondants; c'est-à-dire lorsque ces gaz possèdent des températures et des pressions critiques voisines. M. Guye a ainsi déterminé les rapports $\frac{Az^2O}{CO^2}$ et $\frac{Az^2}{CO}$, et obtenu pour le poids atomique de l'azote, rapporté de cette façon à l'oxygène et au carbone, une valeur extrêmement voisine de la valeur actuellement la plus probable.

D'une façon générale, les diverses méthodes physico-chimiques que nous venons d'étudier reviennent donc à multiplier le poids moléculaire déduit de l'application pure et simple de la loi d'Avogadro, par un facteur correctif d'autant plus grand que le gaz considéré est plus éloigné de l'état gazeux parfait. Pour les gaz à température critique très basse, ce facteur correctif sera très petit; il semble alors que l'approximation obtenue sur la valeur du poids moléculaire soit du même ordre de grandeur que celle que comporte la détermination de densité, c'est-à-dire de 1/10.000 environ. Pour les gaz facilement liquéfiables, la correction devient beaucoup plus importante, et l'incertitude du résultat croît en proportion.

La notion de poids atomique étant d'ordre essentiellement chimique, les valeurs adoptées devront bien toujours, en dernière analyse, être basées sur des rapports de *combinaison*, c'est-à-dire sur des relations déduites de méthodes purement chimiques. Néanmoins, les méthodes physico-chimiques pourront être, comme contrôle, d'une importance considérable, et devront même être tenues pour plus sûres dans le cas où un rapport chimique direct à l'oxygène ou à un élément de poids atomique bien établi sera impossible à réaliser. C'est ainsi que ces méthodes ont permis déjà de déceler des erreurs dans les résultats tirés d'expériences chimiques qui pourtant inspiraient toute confiance : le poids atomique de l'azote serait probablement encore considéré comme égal à 14,04 si la valeur déduite des densités gazeuses n'avait provoqué la revision que l'on sait, en montrant que ce nombre est certainement trop élevé d'environ 1/460.

Comme le fait très justement remarquer M. Guye dans l'article qu'il consacre « aux poids atomiques » dans le deuxième supplément du Dictionnaire de Wurtz : « Au point de vue expérimental, les méthodes physico-chimiques présentent un avantage considérable sur les méthodes chimiques, en raison de ce fait que, le gaz une fois purifié, il n'y a plus qu'à procéder à des mesures physiques; on n'a pas alors à redouter les incertitudes provenant de la transformation chimique qui est à la base de toute méthode chimique. Si la détermination du facteur correctif était plus sûre, la supériorité des méthodes physico-chimiques serait incontestable. Dans l'état actuel, ces méthodes ne peuvent se généraliser que par une étude plus approfondie des conditions expérimentales les plus favorables pour déterminer avec une grande précision le facteur de correction. »

III. — Résultats généraux et Conclusions.

Pour terminer, disons encore un mot des résultats généraux jusqu'ici acquis par cette importante revision des poids atomiques.

Des poids atomiques classiques, de ceux de Stas

[1] Recherches sur les gaz, Paris, 1898; *C. R.*, années 1898 et suiv.

[2] *C. R.*, 1905.

Digitized by Google

en particulier, admis pendant bien des années, pas un, pour ainsi dire, ne subsiste intact. Les divergences sont faibles souvent, d'autres fois plus considérables, et, si le respect qu'inspirent les travaux magistraux de Stas n'en est pas diminué, c'est que l'on se rend bien compte de la cause des erreurs qu'ils renferment : l'auteur n'avait à sa disposition ni la technique expérimentale que nous possédons aujourd'hui, ni le secours précieux apporté par les méthodes physico-chimiques et par le développement général de la Chimie physique.

Les corrections apportées par les travaux récents sont tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre; autrement dit, elles abaissent ou élèvent, au contraire, la valeur du poids atomique auquel elles se rapportent. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples particulièrement importants, le chlore est monté de 34,45 à 35,46, l'iode de 126,85 à 126,92, tandis que l'azote s'est abaissé de la valeur 14,04 à 14,01, le sodium de 23,05 à 23,00 ou 22,998. Enfin l'argent, sur le poids atomique duquel reposent ceux de plusieurs autres éléments, admis depuis Stas comme égal à 107,93, semble devoir être abaissé notablement, la valeur la plus probable étant voisine de 107,89 (Guye).

Les poids atomiques de trois éléments fondamentaux sont actuellement rapportés directement à l'oxygène. Ce sont ceux de l'*hydrogène*, déterminé par la synthèse de l'eau effectuée dans une série de travaux extrêmement remarquables de MM. Cooke et Richards, Rayleigh, Noyes, Morley, etc.; du *carbone*, résultant de la combustion du diamant ou du graphite, par M. Van der Plaats notamment; et enfin de l'*azote*, obtenu par les travaux récents que nous avons mentionnés. Pour ces trois éléments, les méthodes physico-chimiques, appliquées d'une façon très variée, fournissent des résultats moyens concordant au 1/10.000 avec ceux des méthodes chimiques, de sorte que les poids atomiques en question peuvent être considérés comme connus à ce degré de précision près. Ils forment donc des *bases secondaires* très sûres, auxquelles on pourra rapporter les éléments dont les combinaisons oxygénées ne sont pas susceptibles d'être employées.

Ces poids atomiques sont les suivants, dans le système $O = 16$:

$$H = 1{,}0076, \qquad C = 12{,}002, \qquad Az = 14{,}010.$$

On peut y joindre en seconde ligne, et rapportées aux précédentes, les valeurs :

$$Cl = 35{,}46 \quad \text{et} \quad Ag = 107{,}89\,;$$

pour le premier de ces éléments, la concordance entre les nombres fournis par les deux groupes de méthodes n'est pas aussi parfaite, cependant, que pour H, C et Az, et le poids atomique de l'argent demande aussi à être confirmé.

Parmi les corps importants, qui ne sont rapportés à l'oxygène qu'indirectement, et dont le poids atomique n'est pas encore connu avec une exactitude suffisante, on peut citer particulièrement le soufre; des déterminations plus directes sont donc nécessaires, d'autant plus que les composés sulfurés gazeux ont généralement des températures critiques élevées et, par suite, se prêtent mal à l'emploi des méthodes physico-chimiques.

Les erreurs qui peuvent subsister sur la valeur de nombreux poids atomiques — de ceux que nous avons indiqués ci-dessus notamment — sont certainement très faibles et, au point de vue adopté dans l'introduction, l'on peut bien affirmer aujourd'hui que la plupart de ces poids atomiques — dans l'un quelconque des systèmes $O = 16$ ou $H = 1$, d'ailleurs, — ne sont pas représentés par des nombres entiers. Il semble donc impossible de concevoir l'ensemble des corps simples comme résultant de la condensation d'un nombre plus ou moins grand d'atomes d'hydrogène, ni même d'un atome hypothétique qui n'aurait que la demi-masse de celui de l'hydrogène.

La théorie électronique, d'ailleurs, n'impose pas du tout forcément cette manière de voir; les électrons ont, en effet, une masse assez faible pour que, par leur union en nombre voulu, ils donnent naissance à des éléments de poids atomique à peu près quelconque. De plus, il n'est pas prouvé que la masse totale d'un agrégat atomique soit rigoureusement égale à la somme des masses de ses parties constituantes. Les expériences de MM. Heydweiller, Landolt et autres — qui se rapportent, il est vrai, à des combinaisons et non à des corps simples — paraissent, au contraire, démontrer que la fameuse loi de la conservation de la matière n'est qu'approchée, et que les corps composés se forment généralement avec une petite perte de poids.

Il n'en reste pas moins vrai que les poids atomiques sont, pour une très grande majorité, *voisins* de nombres entiers, et qu'il est impossible, ainsi qu'on l'a fait bien souvent remarquer, de voir dans ce phénomène le fait d'un pur hasard. Il est très remarquable, également, que beaucoup des valeurs récemment obtenues tendent à rapprocher certains poids atomiques des nombres entiers, mais en laissant dans la plupart des cas subsister des écarts bien supérieurs aux erreurs d'expériences. Outre les remarques qui précèdent, on peut à ce sujet, nous semble-t-il, faire les réflexions suivantes :

D'après diverses recherches récentes, il est permis de supposer que l'atome d'*hydrogène* et surtout

Digitized by Google

procédés modernes les plus perfectionnés de la technique opératoire, tandis que de fort belles reproductions photographiques montrent l'état actuel des conquêtes photographiques. Excellent résumé pour les professionnels, cette brochure constitue un exposé remarquable et une précieuse initiation pour les amateurs.

J. MASCART,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

2° Sciences physiques

Lorentz (H.-A.), *Professeur à l'Université de Leyde.* — **Abhandlungen über Theoretische Physik** (MÉMOIRES DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE). — 2 *vol. gr. in-8° de* 298 *et* 488 *pages* (*Prix* : 20 *fr.*) *Teubner, éditeur. Leipzig.*

Le nom de M. Lorentz est justement célèbre parmi les physiciens du monde entier. Il est inséparable de l'histoire des théories modernes, notamment des théories électromagnétiques. Ceux d'entre nous qui ont eu la bonne fortune d'assister à la conférence de cet éminent savant, à la réunion annuelle de la Société française de Physique en 1905, ont certainement conservé le meilleur souvenir de sa parole si claire et si élégante. Ce professeur étranger s'exprimait en français avec une pureté et une précision que pouvaient lui envier beaucoup des nôtres.

Ce n'est pas seulement dans le domaine de l'Électricité et de l'Optique, c'est dans toute la Physique qu'il a apporté sa contribution aux progrès de la théorie. La Mécanique rationnelle, l'Hydrodynamique, la Théorie cinétique des gaz, la Théorie mécanique de la chaleur, la Cristallographie l'ont occupé tour à tour. Partout il se montre à la fois mathématicien et physicien, n'étant rebuté par aucun calcul ardu, mais ne perdant non plus jamais de vue la signification physique des symboles algébriques.

Aussi ne peut-on que féliciter l'éditeur d'avoir réuni et mis à la portée de tous les savants cet ensemble de Mémoires, jusqu'ici dispersés dans un grand nombre de publications et qu'il n'est permis d'ignorer à aucun physicien soucieux de posséder une idée complète des théories actuelles.

MARCEL LAMOTTE,
Professeur adjoint à l'Université de Clermont-Ferrand.

Bouasse (H.). *Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.* — **Cours de Physique,** *conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de Physique.* — *Tome I*: **Mécanique physique.** 1 *vol. grand in-8° de* 236 *pages.* (*Prix* : 6 *fr.* 50.) — *Tome II* : **Thermodynamique. Théorie des ions.** 1 *vol. grand in-8° de* 262 *pages.* (*Prix* : 7 *fr.*) *Ch. Delagrave, éditeur. Paris,* 1908.

Dans les réformes introduites, il y a quelques années, dans les programmes d'étude des lycées, l'enseignement de la Physique a été particulièrement visé.

Bien que professeur de l'enseignement supérieur et, par suite, moins directement intéressé dans la question, M. Bouasse est un de ceux qui ont le plus contribué à donner à cet enseignement l'orientation nouvelle dans laquelle il paraissait utile de l'engager. Non content de soumettre à une série de critiques les questions surannées et les antiques méthodes que conservaient de vieilles traditions, il n'a pas hésité à payer de sa personne en publiant une série de volumes destinés aux élèves des lycées. Par leur caractère à la fois original et élevé, ces ouvrages ont rendu les plus grands services à l'enseignement élémentaire de la Physique.

M. Bouasse a jugé qu'il ne devait pas s'en tenir là : il s'est préoccupé de ceux qui se destinent au professorat et vient de composer spécialement pour les candidats aux certificats et à l'agrégation de Physique un recueil comprenant l'ensemble des questions fondamentales inscrites aux programmes de ces examens.

Sur les quatre volumes qui doivent composer cet ouvrage, deux ont été publiés récemment.

Dans le tome I se trouvent rassemblées toutes les parties de la Mécanique qui jouent un rôle important dans les théories physiques. Les théorèmes généraux relatifs aux mouvements pendulaires amortis ou non, à la transmission des ébranlements à travers les milieux élastiques, aux déformations des solides, aux vibrations, à la résonance, etc., sont présentés sous une forme condensée qui n'exclut pas de nombreux détails. L'intérêt du lecteur au développement de ces théories souvent arides est soutenu dans tout le cours du volume par des aperçus originaux sur la manière dont elles interviennent pour expliquer de nombreux faits d'observation courante et par leurs applications à l'étude de l'équilibre et du mouvement des fluides, aux phénomènes capillaires, aux effets du frottement, etc.

Le tome II est exclusivement réservé à la Thermodynamique et à la théorie des ions. La Thermodynamique est l'une des branches de la Physique qui ont subi les développements les plus étendus depuis un demi-siècle. Son champ, limité d'abord à un petit nombre de questions, a, peu à peu, tout envahi : les piles électriques rentrent aujourd'hui dans la catégorie des machines thermiques. Tout un ensemble de chapitres nouveaux, dans chacun desquels elle a constamment à intervenir, a été créé. On a vu successivement apparaître la notion de pression osmotique, l'assimilation des propriétés des corps dissous à celles des gaz, la dissociation électrolytique, base de la théorie des ions, etc.

Les phénomènes chimiques, qui, pour les savants d'autrefois, paraissaient séparés, par un fossé profond, des phénomènes physiques proprement dits, en ont été peu à peu rapprochés. Le fossé tend à se combler aujourd'hui à tel point qu'on a jugé utile de donner le nom de « Chimie physique » à l'ensemble des chapitres qui établissent la continuité entre les deux sciences. La considération de la « variance des systèmes », l'établissement de la règle des phases ont généralisé la notion d'équilibre dans les transformations de la matière et réuni dans un même cadre l'étude des changements d'état physique et des phénomènes tels que la dissociation, les changements d'états allotropiques et l'ensemble des transformations chimiques réversibles. On a découvert des relations simples entre les constantes chimiques fondamentales des corps, telles que les poids atomiques ou moléculaires, et les déplacements que la présence de ces corps fait subir aux températures des changements d'état des dissolvants qui les contiennent : la cryoscopie, l'ébullioscopie, la tonométrie intéressent également le physicien et le chimiste.

Le lecteur trouvera dans l'ouvrage de M. Bouasse des développements étendus et très clairement exposés sur l'ensemble de ces questions.

Ajoutons que, dans ce volume comme dans le premier, l'auteur ne perd pas de vue le côté pratique. Chaque fois que la théorie conduit à une application dans le domaine industriel, cette application est signalée et étudiée (machines à liquéfier l'air, étude des explosifs, etc.). Sans compter les applications numériques qui viennent à chaque instant éclairer la théorie en l'appuyant sur des exemples précis.

En écrivant cet ouvrage, qui s'étendra à toutes les branches de la Physique, M. Bouasse s'est imposé un travail qui eût fait reculer la plupart de ceux qui auraient eu qualité pour l'entreprendre. Il a droit à la reconnaissance de tous ceux que la Physique intéresse.

E. COLARDEAU,
Professeur de Physique au Collège Rollin.

Revillon (L.), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Les Aciers spéciaux.** — 1 *vol. de l'Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1908.

La question des aciers spéciaux a pris dans ces dernières années une importance considérable; le développement du four électrique comme outil métal-

Digitized by Google

lurgique a permis d'obtenir en abondance et à bas prix des alliages d'une foule de métaux que l'on connaissait seulement auparavant comme des curiosités de laboratoire, et l'on a été ainsi conduit à essayer de les incorporer à l'acier; d'autre part, les propriétés des métaux ainsi obtenus ont été utilisées, quelquefois avant d'être connues, par l'industrie de l'automobile, qui a puissamment contribué à vulgariser ces notions en faisant de tous les gens du monde des mécaniciens et des métallurgistes. Si à ces raisons on ajoute le développement récent et rapide des études métallographiques, on conçoit facilement que les aciers spéciaux aient fait l'objet d'un nombre énorme de publications, de valeurs très inégales, et dans lesquelles il est bien difficile de se reconnaître et de chercher à se faire une opinion.

Un ouvrage qui résumerait et classerait les résultats obtenus serait donc d'une utilité incontestable; il est malheureusement bien difficile à écrire, à l'heure actuelle. Après avoir réuni *toutes* les indications publiées jusqu'ici, les avoir classées en séparant nettement les recherches d'ordre scientifique et les recherches d'ordre industriel, il faudrait les soumettre à une sévère critique, et, en présence des nombreuses contradictions qu'elles comportent, séparer les points encore douteux des points réellement acquis qui ne sont pas fort nombreux. C'est là un travail considérable et qu'il paraît difficile de résumer en quelques pages.

On ne peut donc s'étonner que le petit livre publié par M. Revillon soit assez incomplet; il envisage, en effet, les questions les plus diverses, mais d'une façon qui nous paraît un peu trop sommaire.

C'est ainsi que le premier chapitre comprend seize pages consacrées aux différents modes d'essai employés dans l'étude des aciers spéciaux : essais chimiques, essais micrographiques, essais mécaniques, essais thermiques et essais physiques. La bibliographie relative à ces questions délicates suffirait à remplir ces quelques pages; en voulant en exposer certains détails, on est conduit à en négliger d'autres, de grande importance; le passage relatif aux essais mécaniques, par exemple, ne parle guère que des procédés et appareils préconisés par M. Frémont et attribue, par suite, une importance tout à fait exagérée à ces dispositifs, établis surtout en vue de faire des essais économiquement, même au détriment de la sécurité et de la précision, et qui intéressent par conséquent les serruriers et les petits constructeurs, mais non la grosse métallurgie, et qui conviennent encore moins aux recherches d'ordre scientifique.

Dans les chapitres consacrés aux différents alliages ferreux possibles se trouvent résumées un certain nombre de données relatives aux recherches de laboratoire et quelques paragraphes intitulés « étude industrielle ». Ces derniers paraissent bien écourtés et contiennent quelques incertitudes. « L'étude industrielle » des aciers au nickel et au chrome, par exemple, les plus importants de beaucoup, à l'heure actuelle, des aciers spéciaux, se réduit au paragraphe suivant: « La fabrication de ces alliages est encore un cas tellement rare, en général, que l'on a avantage, pour être certain de la composition demandée, à n'employer que le creuset susceptible d'un dosage précis; mais il se peut que l'on songe à utiliser aussi le four Martin quand les demandes seront suffisantes, puisque l'on y fait bien les aciers au nickel et les aciers au chrome ». Si l'on réfléchit que, depuis près de vingt ans, les grandes aciéries des divers pays ont fabriqué, annuellement, au four Martin plus de cent mille tonnes d'acier au chrome et au nickel, rien que pour les blindages et les projectiles de marine, on est forcé de regretter qu'une documentation aussi insuffisante sur certains points vienne diminuer l'intérêt de l'ouvrage de M. Revillon, qui aurait pu, avec un programme moins vaste, présenter une réelle utilité.

G. Charpy,
Docteur ès sciences.

3° Sciences naturelles

Laurent (L.), *Docteur ès Sciences, Professeur à l'Institut colonial.* — **Les Productions minérales et l'extension des exploitations minières.** — *1 vol. in-8° de 150 pages avec 22 pl. Exposition coloniale de Marseille. Barlatier, éditeur. Marseille*, 1907.

Cet ouvrage, publié à l'occasion de l'Exposition coloniale de Marseille, à l'aide des échantillons et documents exposés, ne concerne que les colonies françaises. Toute considération scientifique ou technique en est bannie; en fait, c'est l'exposé de la situation minière actuelle de nos colonies, telle qu'elle ressort de l'exposition de Marseille. Cette circonstance explique pourquoi nos colonies sont traitées de façon fort inégale dans cet ouvrage, où la statistique tient une large place. On ne peut s'empêcher de constater, en outre, que les références bibliographiques sont bien sommaires. Néanmoins, le travail de M. Laurent nous donne une idée générale de la production minière de notre domaine colonial. Les deux chapitres consacrés à l'Algérie et la Tunisie montrent quels résultats importants ont déjà été atteints, tandis que le chapitre sur l'Indo-Chine autorise de légitimes espérances basées, sur les faits déjà acquis. Quelques pages retracent l'histoire des principales concessions; on lira avec intérêt celles consacrées à la fameuse Compagnie de Gafsa et on reconnaîtra sans doute que la Direction générale des Travaux Publics de Tunisie, pour avoir suivi une marche prudente, n'en a pas moins atteint rapidement et sans risques pour le pays des résultats économiques de première importance.

L. Pervinquière,
Chargé de Conférences à la Sorbonne.

Delafosse (M.), *Administrateur des Colonies.* — **Les Frontières de la Côte d'Ivoire, de la Côte d'Or et du Soudan.** — *1 vol. in-8° de 256 pages avec 94 figures dans le texte d'après des photographies de l'auteur et 1 carte. (Prix : 6 fr.) Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

M. Maurice Delafosse, administrateur des colonies, qui, de 1901 à 1903, a procédé, de concert avec une Mission anglaise, à l'abornement de la frontière entre la colonie française de la Côte d'Ivoire et la colonie anglaise de la Côte d'Or, vient de publier le récit des opérations de cette Mission de délimitation, au cours de laquelle il a fait une véritable exploration en pays inconnu. Le voyage fut ensuite continué jusqu'au onzième parallèle, afin de lever le cours et les rives de la haute Volta noire, dans la partie où elle sépare la Côte d'Or du Haut-Sénégal et Niger (alors deuxième territoire militaire du Soudan français). La Mission put ainsi observer, depuis la côte, des régions très diverses et des peuplades très différentes de race, de mœurs et de religion. L'auteur a donné des pays traversés et de ses habitants des descriptions très documentaires, en s'attachant surtout à tout ce qui touche l'ethnographie.

Le livre est écrit sous forme de journal de route, et à la fin de plusieurs des chapitres, lesquels correspondent à des régions spéciales, M. Delafosse donne un coup d'œil d'ensemble sur les populations qui les habitent. Il se trouve décrire ainsi un grand nombre de peuplades et, sur quelques-unes plus importantes, comme les Agnis, les Birifo, les Dagari, les Lobi, il donne de nombreux et curieux détails concernant leur histoire, leur religion, leurs mœurs, leurs habitations, leurs costumes, etc. Il constate que, dans certaines régions, notamment dans celle de Bondoukou, les races sont extrêmement mélangées. Quelques-unes des peuplades visitées par la Mission sont très industrieuses, se livrent à l'agriculture et possèdent d'importants troupeaux, faisant ainsi contraste avec des peuplades restées très primitives.

G. Regelsperger.

Digitized by Google

Fabre (J.-H.), *Correspondant de l'Institut.* — **Souvenirs entomologiques. Etudes sur l'instinct et les mœurs des Insectes.** (10e *Série*). — 1 *vol. in*-8° *de* 355 *pages. Avec illustrations* (*Prix* : 3 *fr.* 50). *Charles Delagrave, éditeur. Paris*, 1908.

Avec une ardeur inlassable et un talent qui ne connaît pas les éclipses, M. J.-H. Fabre, notre « moderne Réaumur », vient d'ajouter un dixième volume à la précieuse collection de ses *Souvenirs entomologiques*. J'ai lu ce captivant ouvrage tout d'une traite, et j'en ressens encore le charme. N'est-ce pas le moment propice pour signaler aux lecteurs de la *Revue* les observations curieuses qu'il renferme ?

Ces observations sont nombreuses et portent sur des insectes variés. Voici l'histoire du Cione (*Cionus thapsus* Fab.), charançon qui dépose un amas d'œufs dans les très petites capsules du *Verbascum sinuatum* : Trop nombreuses pour vivre des graines contenues dans une capsule, ses larves abandonnent les habitudes casanières de la famille ; aussitôt nées, elles sortent de leur gîte et vont brouter au dehors les tissus de la plante. Cette vie errante paraît peu appropriée aux larves des Curculionides, qui sont toutes dépourvues de pattes ; mais le vermisseau a vaincu la difficulté ; il rejette par l'anus un liquide gluant et adhère ainsi quelque peu aux tissus de la plante. Quand l'évolution larvaire sera terminée, la même glu deviendra aisément solidifiable et fournira les éléments de la fine coque en baudruche où s'effectuent les transformations de la nymphose. « D'où provient cette aberration » du Cione ? est-ce décadence ou progrès ? En tout cas, les autres Curculionides trouvent au lieu même de leur naissance le gîte et le couvert : ainsi fait le *Gymetron thapsicola* qui dépose un œuf, un seul, dans chacune des deux loges qui constituent la capsule du vulgaire Bouillon blanc (*Verbascum thapsus*) ; ainsi fait encore le charançon de l'Iris des marais (*Mononychus pseudo-acori* Fab.), dont chaque larve a pour lot trois graines contigues de l'Iris faux acore et s'en fait une loge nymphale après en avoir dévoré le contenu.

Cette dernière espèce est l'objet d'autres observations intéressantes. Il y a une quinzaine de graines dans chaque loge de l'Iris, et dix œufs d'ordinaire y sont introduits ; dix œufs où il y a de la nourriture pour cinq larves. Pourquoi cette prodigalité dans la ponte ? car cinq larves périssent, victimes de l'incurie maternelle, dans cette lutte pour l'existence. Au sujet du même *Mononychus*, M. Fabre a constaté que l'adulte peut se nourrir des Iris les plus divers, mais que sa larve réclame l'Iris des marais, et que la femelle, dans son « inébranlable fidélité aux us et coutumes des anciens », ne pond jamais ailleurs. Tous les insectes végétariens ne sont pas aussi difficiles à satisfaire, encore que de coutume, comme l'observe M. Fabre dans un chapitre spécial, ils ne se prêtent pas à tout aliment comme les carnassiers. A la façon des *Mononychus*, le grand Capricorne (*Cerambyx heros* Scop.) adulte présente des goûts assez variés, mais sa larve périt dans tout autre bois que dans le chêne. Non moins spécialistes sont les Saperdes : « La Saperde charcarias exploite le peuplier noir et n'accepte autre chose, pas même le peuplier blanc ; la Saperde ponctuée a pour domaine l'orme ; la Saperde scalaire est fidèle au peuplier mort ». Par contre, la chenille du Sphinx atropos accueille beaucoup de Solanées (mais non pas toutes) ; celle du Sphinx de l'Euphorbe, toutes les Euphorbes ; les larves de la *Timarcha tenebricosa* Fab. broutent les herbes les plus diverses, et les chenilles de notre Zeuzère les feuilles de presque tous les végétaux arborescents. M. Fabre ne cherche pas à donner la raison de ces particularités, encore que le besoin d'une nourriture différente lui semble indiquer que les trois Saperdes ne sont pas des variations d'un type primitif. Mais les biologistes croiront-ils, avec lui, que « la communauté d'origine entraîne forcément... la communauté du manger » ?

M. Fabre, au surplus, ne se fait aucun scrupule de battre en brèche les doctrines évolutionnistes et de contester les effets de l'adaptation. Le chapitre des anomalies lui semble, à ce point de vue, très propice. Pourquoi les pattes postérieures des larves de Géotrupes sont-elles réduites, ramenées sur le dos et dépourvues de toutes fonctions locomotrices, alors qu'elles seraient très utiles à l'animal pour cheminer dans le cylindre de bouse qui fait sa nourriture ? et pourquoi ces mêmes pattes sont-elles normales chez les larves du Scarabée sacré, qui vivent dans une étroite pilule où toute locomotion est impossible ? L'adulte du même Scarabée est dépourvu de tarse aux pattes antérieures, et l'on pourrait croire que cette atrophie résulte des procédés de l'animal qui pousse sa pilule avec les pattes des deux arrière-trains et s'appuie sur le sol avec celles du devant ; mais le Sisyphe et le Gymnopleure n'agissent pas d'une autre manière, et pourtant leurs tarses antérieurs sont bien développés. M. Fabre signale d'autres anomalies aussi frappantes et il fait même à ce sujet des expériences curieuses sur les feuilles retournées de l'Alstrœmère pélégrine ou Lis des Incas. Mais il ne dissimule aucunement que le mot de l'énigme lui échappe et considère chaque anomalie comme « une note spéciale au concert de l'ensemble », comme « une diversion à la monotonie du thème général ».

A signaler également un chapitre sur le nanisme obtenu par expérience chez le Scarabée sacré dont on rogne la pilule, et chez la Cétoine floricole dont on mesure parcimonieusement la nourriture. Puis des fragments biologiques avec ces échappées originales qui donnent tant de saveur aux écrits de M. Fabre : nous voyons les larves de l'*Ergates faber* L. préluder à la nymphose, et c'est un prétexte à expériences culinaires sur ces larves, qui sont un mets « de haut goût » apprécié déjà par les Romains ; nous assistons aux boucheries du Carabe doré, dont la femelle sacrifie le mâle après la pariade, et voici un paragraphe sur l'instinct sanguinaire incoercible qui se manifeste chez l'homme par des guerres néfastes ; le Hanneton du Pin (*Melolontha fullo* L.), musicien peu bruyant, nous entraîne à une revue des insectes producteurs de sons, et la Mouche bleue de la viande (*Calliphora vomitoria* L.), qui pond ses œufs aux endroits les plus délicats des chairs mortes, nous indique la manière de conserver intact le gibier.

Avec l'*Onthophagus taurus* L., M. Fabre revient sur les bousiers auxquels il consacra des études si belles et si approfondies dans les cinquième et sixième volumes de ses *Souvenirs entomologiques*. L'histoire de l'animal nous est donnée complète, depuis le moment de la pariade, qui a lieu en mai, jusqu'au moment où l'adulte est bien conformé. Après la rencontre, le mâle disparaît pour toujours, laissant à la femelle tous les soins familiaux, c'est-à-dire un lourd travail : sous une galette de bouse de brebis, cinq ou six terriers à faire, peu profonds, il est vrai, mais qu'il faut remplir de bouse jusqu'au col en y ménageant pour l'œuf une chambre de fond, toute crépie d'un fluide dégorgé par la mère. L'œuf s'accroît pendant que s'y élaborent les tissus de l'embryon, et bientôt en sort une larve vorace qui absorbe d'abord le crépissage fluidal, puis s'attaque à la bouse surplombante et la consomme en totalité, sauf le revêtement des parois. Alors commence le travail de la nymphose ; les excréments rejetés par l'anus sont cueillis avec la bouche, travaillés en moellons que le vermisseau ajuste et soude en une coque gracieuse figurant du dehors un fruit d'Aulne. Au sein de la coque on trouvera bientôt une nymphe transparente, présentant tous les caractères de l'adulte, et quelques autres bien faits pour surprendre : chez les nymphes femelles, une corne prothoracique destinée à disparaître ; chez les nymphes mâles, les deux cornes frontales persistantes avec sept prolongements éphémères, la corne prothoracique et quatre paires de cornes abdominales. Pourquoi ces ornements inutiles qui disparaîtront à la mue finale ? sont-ils des vestiges du passé ou des excroissances qui s'ébauchent pour l'avenir ?

Digitized by Google

La perle de l'ouvrage, celle qui montre le mieux M. Fabre dans ses aptitudes maîtresses, c'est l'histoire d'un Géotrupe, le Minotaure typhée (*Minotaurus typhæus* L.), dont les mâles portent sur le corselet trois cornes dirigées en avant. Quand arrive l'automne, les jeunes Géotrupes abandonnent le terrier familial, avec leur mère qui va périr. Chacun d'eux cherche un amas de « noires pilules » rejetées par le mouton, creuse dans le voisinage un terrier vertical de 20 centimètres, et, du chaperon en pelle, y pousse en nombre suffisant les pilules favorites. Avec ces vivres et leurs restes fibreux qui servent de couches duveteuse, l'insecte est assuré contre les détresses de l'hiver. Aux premiers beaux jours de l'année suivante, les mâles recherchent les femelles, et les couples se forment, des couples qui dureront autant que la vie des conjoints. Alors commence un dur travail occasionné par la nature des pilules, qui toujours sont choisies sèches et par là même impropres à l'alimentation ; il faut enfouir ces pilules à une grande profondeur afin qu'elles se pénètrent d'humidité, se ramollissent, entrent en fermentation et acquièrent les qualités requises pour la nourriture des larves. Le terrier a plus d'un mètre; avec pattes et chaperon, il est creusé par la femelle, pendant que le mâle agglomère les particules terreuses, et en fait des pelotes qu'il hisse à grand'peine et rejette au dehors en les poussant par le trépied de son corselet. La besogne ne demande pas moins d'un mois, durant lequel les deux travailleurs ne sortent jamais et, semble-t-il, ne prennent aucune nourriture. Vient ensuite le travail d'approvisionnement qui n'est pas de durée moindre : le mâle sort, pousse une pilule près de l'orifice et, la saisissant de ses bras, l'introduit à une faible profondeur où il la place en biais, retenue par les deux bouts aux parois du terrier. Sur ce plancher provisoire sont apportées d'autres pilules que le mâle réduit en menus fragments au moyen de son appareil buccal. Pendant que le « meunier » travaille un peu au-dessous de l'orifice, la femelle reçoit au fond du trou la singulière farine et, active « boulangère », la pétrit et la dispose en couches pour former un long pain cylindrique. Au fond du puits ont été creusées autant de loges contiguës qu'il y aura d'œufs, c'est-à-dire sept ou huit, et chaque œuf sera déposé dans une excavation sous-jacente creusée à même dans le sol. Il ne faut pas moins de 225 pilules pour approvisionner un nid et, de coutume, le mâle périt avant d'avoir achevé sa tâche, auquel cas il est remplacé par la femelle. Vers le mois de mai commence l'éclosion des larves, qui abandonnent sur-le-champ leur prison de terre et gagnent le pain de bouse surplombant; elles le dévorent presque tout entier, et, au mois d'août, quand leur copieux repas a pris fin, elles retournent dans la caverne du fond, la tapissent d'excréments et s'y transforment en nymphes. Ainsi est assuré l'avenir de l'espèce, mais au prix de quel prodigieux labeur ! et combien eût été plus douce la besogne si, au lieu de pilules sèches, l'animal en eût choisi de fraîches et tout humides!

Dans ce résumé, qu'on trouvera peut-être d'étendue trop grande, je me suis efforcé de rendre aussi fidèlement que possible les recherches et la philosophie de M. Fabre. J'aurais également voulu mettre en évidence les moyens d'investigation imaginés par le très ingénieux observateur, mais cela m'eût conduit à de trop longs détails; au lecteur curieux qui désirerait savoir, par exemple, comment M. Fabre a pu suivre les faits et gestes du Minotaure dans son terrier de plus d'un mètre, je donnerai le conseil de lire le premier chapitre de l'ouvrage et d'en consulter les figures; il n'est pas d'occupation plus agréable et j'en connais peu d'aussi instructive pour le biologiste.

Une analyse n'est pas un compte rendu critique, et c'est une analyse fidèle que j'ai voulu faire. M. Fabre est un observateur sagace, un expérimentateur plein de ressources, et ses narrations captivent dès le premier instant; il a su puissamment enrichir la science, il a le talent de la faire aimer et de la rendre abordable à tous, il lui a dressé un monument d'une originalité et d'une ampleur admirables; cela doit suffire et nous aurions mauvaise grâce à contester sa manière d'envisager et de rendre les faits. M. le capitaine Ferton expose en traités concis et fermes ses fines observations sur les habitudes des Insectes, pendant que M. Marchal aborde le même sujet avec une haute maîtrise en s'éclairant des doctrines de l'évolution. Ces deux biologistes diffèrent de M. Fabre par leurs conceptions; mais, s'ils se rangent parmi les émules du maître, ils en sont aussi les disciples, et cela suffirait à montrer, si la preuve n'en était faite par ailleurs, que l'uniformité dans les vues scientifiques n'est en aucune façon un élément nécessaire du progrès.

E.-L. Bouvier,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum.

M. Fabre a aussi une histoire, et une histoire bien instructive, car elle nous montre comment on peut réaliser de belles œuvres avec des ressources plus que médiocres. Elle est racontée avec beaucoup de saveur dans un chapitre de l'ouvrage, le dernier, qui n'est pas le moins intéressant de tous. E.-L. B.

4° Sciences médicales

Bard (Dr L.), *Professeur de Clinique médicale à l'Université de Genève, Correspondant de l'Académie de Médecine.* — **Précis des examens de Laboratoire employés en Clinique** (Avec la collaboration de MM. G. Humbert et H. Mallet). — 1 *vol. de* 627 *pages de la collection de Précis médicaux* (*Prix* : 9 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

Le médecin praticien ne peut aujourd'hui se contenter d'une vague connaissance des méthodes de laboratoire. Il doit se pénétrer des procédés pratiques empruntés à la Chimie, à la Physique, à la Bactériologie, à l'Histologie, voire même à la Médecine expérimentale, car, sans se substituer à la Clinique, chacune de ces branches scientifiques complète ses investigations et lui fournit les éléments d'un diagnostic plus exact.

Le but du Professeur Bard a été de choisir et de rassembler dans ce manuel, parmi ces notions, celles qui se trouvent plus particulièrement applicables à la Médecine interne : technique des examens chimiques et physiques (acidité et alcalinité des liquides organiques, éliminations médicamenteuses, produits de désassimilation, calculs; mesure de la pression du sang, enregistrements graphiques, polarimétrie, spectroscopie, etc.); technique des recherches histologiques simples, principes de bactériologie indispensables au lit du malade. A noter, dans ce dernier chapitre, que l'auteur semble professer quelque incertitude touchant la nature parasitaire de l'hématozoaire du paludisme — ce qui ne laissera pas de surprendre ceux qui sont familiarisés avec cet agent pathogène.

Intitulée « Epreuves fonctionnelles », la dernière partie du manuel est consacrée à l'examen chimique des sécrétions digestives et de la sécrétion urinaire, à l'épreuve du bleu de méthylène, à la perméabilité des séreuses, etc.

Le Professeur Bard a ainsi réuni un grand nombre de renseignements fort utiles, et qui permettront à l'étudiant et au médecin de se familiariser avec les méthodes élémentaires de laboratoire.

Dans ce Précis, qui condense la matière de plusieurs ouvrages, il a mis le fruit très personnel de son autorité et de son expérience.

Dr H. Vincent,
Professeur à l'Ecole d'Application
du Val-de-Grâce.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 11 Mai 1908.

M. le Président annonce à l'Académie le décès de **M. A. de Lapparent**, secrétaire perpétuel.

1° Sciences mathématiques. — Le colonel **Jacob** présente un intégromètre à lame coupante qui permet l'intégration de l'équation d'Abel : $yy' = Ay^2 + By + C$. — **MM. Crussard** et **Jouguet** appliquent les lois de la similitude à la propagation des détonations.

2° Sciences physiques. — **MM. Bellini** et **Tosi** décrivent un dispositif de télégraphie sans fil par ondes dirigées, où la direction des ondes est obtenue par l'emploi de conducteurs aériens formés de circuits oscillatoires fermés, disposés dans des plans verticaux sans connexion avec la terre. — **M. W. Duane** a reconnu que la charge électrique des rayons α et leur ionisation ne traversent plus d'une manière sensible une lame mince de mica lorsque le radium qui les produit en est éloigné de plus de 2 centimètres. — **M. F. Beaulard** a constaté l'existence d'une dispersion électrique anomale de l'eau dans le champ électrique oscillant. — **MM. G. A. Hemsalech** et **C. de Watteville** ont observé les raies du spectre du fer qu'on obtient dans la flamme du mélange oxyhydrique dont l'oxygène a passé sur un arc au fer. On constate dans la flamme du chalumeau la présence de presque toutes les raies attribuées au fer dans le spectre de Sirius. — **MM. H. Calmels** et **L. P. Clerc** ont déterminé les variations de l'éclairement d'une couche sensible placée derrière une trame photographique et représentent leurs résultats par des courbes dites isophotes. — **M. J. Perrin** établit que l'énergie cinétique moyenne d'un granule de colloïde est égale à celle d'une molécule. Ce serait une preuve nouvelle que l'agitation moléculaire est bien la cause unique du mouvement brownien. — **M. Eug. Bloch** a observé que l'établissement d'un champ électrique dans des vapeurs de chlorure d'ammonium ramène la lumière entre 2 nicols placés à 45° du champ et à l'extinction; le phénomène est dû vraisemblablement à l'orientation des poussières cristallines dans le champ électrique. — **M. G. Hinrichs** présente quelques considérations sur le degré de commensurabilité des poids atomiques. — **M. Ed. Chauvenet**, en déshydratant le fluorure ou le fluosilicate de thorium, a obtenu l'oxyfluorure $ThOF^2$; le fluorure ThF^4 s'obtient par action de HF anhydre sur le chlorure ou le bromure anhydre. — **M. H. Pélabon**, en étudiant la fusibilité des mélanges du séléniure d'Ag avec ceux de Bi, Sb et As, a reconnu la formation de trois combinaisons définies : $3Ag^2Se.4Bi^2Se^3$, $3Ag^2Se.4Sb^2Se^3$ et $3Ag^2Se.4As^2Se^3$. — **MM. H. Henriet** et **M. Bouyssy** : Sur l'origine de l'ozone atmosphérique et les causes des variations de l'acide carbonique de l'air. La *Revue* publiera prochainement un article des auteurs sur ce sujet. — **M. E. Fouard** a constaté que la solution parfaite d'amidon a un abaissement cryoscopique nul; son pouvoir rotatoire, en milieu alcoolique, varie de 183° à 191°. Une évaporation partielle, puis une dilution suffisent pour détruire l'état de solution parfaite. La conductibilité électrique d'une solution augmente constamment jusqu'à un maximum pendant sa transformation granulaire. — **M. M. Delépine** a observé que les thiosulfocarbamates métalliques ont une tendance à cristalliser avec leur solvant. Ils ne sont pas ionisés en solution; les métaux y sont à l'état dissimulé et forment des complexes internes. — **MM. A. Guyot** et **P. Pignet** ont préparé un certain nombre de dérivés diamidés de l'*o*-dibenzoylbenzène. — **MM. L. Meunier** et **A. Seyewetz**, en faisant agir une solution de quinone sur la peau, ont obtenu un véritable tannage de celle-ci; la solution renferme ensuite de l'hydroquinone; il en résulte que la fibre dermique a subi une oxydation en même temps qu'une insolubilisation. — **MM. A. Trillat** et **Sauton** montrent que les levures alcooliques, en dehors de la fermentation normale, peuvent aldéhydifier directement l'alcool éthylique; mais elles font également disparaître très rapidement l'aldéhyde acétique formé.

3° Sciences naturelles. — **MM. A. Zimmern** et **S. Turchini** ont constaté que l'animal et l'homme réagissent contre l'effet Joule des courants de haute fréquence de la même manière que contre tout apport de chaleur rapide : le chien par polypnée; l'homme par vaso-dilatation périphérique. — **M. L. Camus** a reconnu que la répartition de la substance antivirulente des animaux vaccinés n'est pas égale dans toutes les humeurs de l'organisme; c'est le sérum sanguin qui en contient le plus. — **M. F. Guéguen** a trouvé, dans un cas de langue noire pileuse, un *Oospora* nouveau (*O. lingualis*), associé au *Cryptococcus linguae-pilosae*. — **M. H. Dunschmann** a constaté que, dans les milieux lactosés, la peptone végétale est sensiblement supérieure aux autres peptones pour le développement du bacille typhique, de la bactéridie charbonneuse et du bacille diphtérique.

Séance du 18 Mai 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. M. Deprez** montre que la vitesse du vent n'a aucune influence sur l'équilibre horizontal de l'oiseau. L'inclinaison ascendante du vent nécessaire pour permettre le planement stationnaire est d'autant plus petite que la surface des ailes est plus grande par rapport au maître couple du corps de l'oiseau. — **M. P. Renard** montre que le virage d'un aéroplane nécessite que l'appareil s'incline transversalement d'une quantité donnée; de plus, il aura presque toujours pour effet d'abaisser la trajectoire. Les aviateurs devront donc, pour conserver en fin de virage leur altitude primitive, s'élever avant d'entrer en courbe.

2° Sciences physiques. — **M. P. Girault** recherche le profil des masses polaires donnant le minimum de courants de Foucault à la périphérie de l'induit pour un flux déterminé issu de chaque masse. — **M. de Broglie** identifie aux gros ions des deux signes les poussières ultramicroscopiques en suspension dans les gaz d'étincelles. — **M. P. Langevin** montre que le rapport $\varepsilon = \alpha/4\pi(k_1 + k_2)$ entre le coefficient α de recombinaison des ions dans les diélectriques et les mobilités k_1 et k_2 des ions positifs et négatifs est plus petit que 1 dans l'air et CO^2 et se rapproche de l'unité quand la pression augmente. — **M. F. Charron** a constaté que le frottement de glissement entre deux corps solides diminue dans l'air chargé d'humidité ou de vapeurs de benzine, d'alcool, d'éther, etc. — **M. C. Limb** a réalisé l'auto-excitation d'un alternateur triphasé au moyen de soupapes électrolytiques. L'auto-excitation d'un alternateur monophasé n'a pu être obtenue dans les mêmes conditions. — **M. L. Bloch** a constaté que la différence de potentiel de contact (apparente) entre métal et liquide est plus petite pour les solutions alcalines que pour l'eau, plus petite pour l'eau que pour les solutions acides. Elle peut servir à mettre en évidence des traces d'acide ou d'alcali qui échappent aux réactifs colorés. — **M. G. Gaillard** a fait quelques observations sur le temps employé par les corps pour se dis-

Digitized by Google

soudre; il semble y avoir pour chaque corps une valeur de temps fondamentale. — **M. A. Gargam de Moncetz** a trouvé, dans la lumière infra-rouge, après un groupe de rayons λ 800 à λ 920 qui détruit le voile produit sur une plaque par les rayons X, un groupe λ 920 à λ 1350 qui renforce nettement ce voile. — **M. V. Henri**, par l'étude cinématographique des mouvements browniens, a reconnu que la trajectoire décrite par un grain est très complexe; elle varie d'un grain à l'autre et présente des changements brusques de direction. — **M. A. Duboin** a préparé un iodomercurate de thorium $ThI^4.5HgI^2.18H^2O$, et un iodomercurate d'aluminium $AlI^3.HgI^2.8H^2O$. — **MM. P. Lebeau** et **P. Joliboïs** montrent que le silicium et le palladium s'unissent directement avec dégagement de chaleur en donnant deux siliciures définis $SiPd^2$ et SiPd. Dans le refroidissement des palladiums siliciés renfermant moins de 20 °/₀ de Si, on observe un phénomène intense de recalescence. — **M. E. Pozzi-Escot** décrit une méthode de dosage de l'acide tartrique dans les tartres et lies qui utilise l'insolubilité du tartrate de baryum dans l'alcool et la grande solubilité de $BaBr^2$ dans ce même solvant. — **M. L. Vignon** propose d'éliminer l'oxyde de carbone toxique du gaz de houille : 1° en le transformant en CH^4 par la méthode de Sabatier et Senderens; 2° en le transformant en CO^2 par passage sur de l'oxyde de fer chauffé; 3° par absorption directe par le chlorure cuivreux. — **M. V. Auger** a préparé les composés HCl^2Cl, F. — 4°, Eb.88° sous 30 mm.; $HClBr^2$, F.22°,5; HCl^2Br, F.60°. — **MM. R. Lespieau** et **Pariselle** ont obtenu le butinol $CH \vdots C.CH^2.CH^2OH$, Eb. 133-136°, en attaquant le tribromobutane-1:2:4 par KOH, puis le dibromo-2:4-butène résultant par l'acétate de K et enfin le produit de cette réaction par KOH. — **M. R. Fosse** montre que les combinaisons du tétraméthyldiaminobenzhydrol avec les dérivés méthyléniques possèdent une formule du type $[(CH^3)Az.C^6H^4]^2CH.CHXY$. — **MM. A. Guyot** et **P. Pignet**, en condensant les tétralkyldiamido-*o*-benzoylbenzylbenzènes et-*o*-benzhydrylbenzylbenzènes avec les amines aromatiques, ont obtenu des verts malachite *o*-benzylés et leurs leucodérivés présentant une résistance remarquable aux alcalis.

3° Sciences naturelles. — **M. Bouchacourt** signale une cause d'erreur dans l'emploi de la radiographie des poumons et de l'estomac pour décider si un enfant mort-né a vécu : c'est l'insufflation pratiquée dans l'espoir de ranimer l'enfant. — **MM. Cluzet** et **Bassal** ont constaté que l'évolution de la mamelle peut être entravée à tous les stades par l'application des rayons X. Celle-ci produit son maximum d'effet au cours de la première quinzaine de la gestation chez la lapine ou peu avant la fécondation. — **MM. H. Dominici** et **Faure-Beaulieu** ont observé que le sulfate de radium injecté dans l'organisme des animaux et de l'homme est arrêté dans les tissus vivants (réseau capillaire sanguin et interstices lymphatiques), où il séjourne jusqu'à 67 jours. — **M. L. Lapicque** indique le principe d'une nouvelle théorie de l'excitation électrique, fondée sur la diffusion et sur l'existence d'une vitesse propre du nerf. — **MM. J. E. Abelous** et **E. Bardier** : Séparation des substances hypertensives de l'urine normale (voir p. 483). — **M. F. J. Bosc** a constaté que le virus claveleux peut donner naissance à un épithélioma infectieux aigu; il en déduit l'identité de nature des virus claveleux et cancéreux et la nature parasitaire du cancer. — **M. A. Jousset** estime que les cas de mort rapide, sans lésion spécifique, de cobayes inoculés avec des produits tuberculeux doivent être attribués à une septicémie tuberculeuse aiguë; la présence de bacilles de Koch dans le sang confirme cette hypothèse. — **M. L. Bruntz** a reconnu que l'épithélium du labyrinthe des Thysanoures présente, dans ses plus fins détails, la structure de la cellule rénale. — **M. P. Hallez** a trouvé, dans l'estomac des *Cardium edule* du Portel et de Dannes-Camiers, un parasite nouveau, un *Rhabdocœle*, qu'il nomme *Proderostoma cardii*. — **MM. P. H. Fritel** et **R. Viguier** ont trouvé dans le Sparnacien de l'Oise des tubercules et des tiges d'*Equisetum* qui semblent identiques aux espèces actuelles par leur organisation et leur mode de vie. — **M. A. Berget** propose d'utiliser les failles pour la détermination de la densité moyenne de la Terre. — **M. J. Thoulet** a étudié les fonds marins de la baie de la Seine : ils sont formés de graviers, de sable et d'une vase noire d'odeur infecte apportée par la Seine.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 12 Mai 1908.

M. le Président annonce le décès de **M. Béchamp**, Correspondant national. — **M. J. Déjerine** est élu membre titulaire dans la Section d'Anatomie pathologique.

M. L. G. Richelot a constaté que l'appendicite chronique est la cause de troubles abdominaux variés et importants, en particulier d'entérites muco-membraneuses, qui disparaissent immédiatement après la résection de l'appendice. — **MM. A. Poncet** et **R. Leriche** établissent l'existence de scléro-tuberculoses inflammatoires, diffuses ou localisées, à aspects variés. Ils montrent le rôle énorme que joue, en Pathologie, la tuberculose inflammatoire, qui, dans sa forme scléreuse, constitue la véritable diathèse fibreuse. — **M. P. Legendre** donne lecture d'un travail intitulé : Réflexions sur le traitement et la prophylaxie des modalités contemporaines de la goutte.

Séance du 19 Mai 1908.

M. Balzer est élu membre titulaire dans la Section de Thérapeutique et d'Histoire naturelle médicale.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 9 Mai 1908

MM. Ch. Dhéré et **G. Prigent** ont constaté qu'en faisant agir les chlorures terreux sur les terminaisons cutanées des nerfs sensitifs, puis procédant ensuite à un lavage, le membre irrité devient le siège de flexions énergiques. — **M. Ch. Dhéré** a observé que l'oxyhémocyanine cristallisée se dissout dans l'eau contenant des traces d'électrolytes; elle coagule à 74°. — **M. A. Sartory** donne une liste d'une trentaine d'Oomycètes et d'Ascomycètes, dont les uns peptonifient la caséine du lait, les autres non. — **M. Th. Barrois** a étudié un Paramphistomien nouveau (*Chiorchis Noci*), parasite de la muqueuse cæcale du *Macacus cynomolgus*. — **M. Nigay** a reconnu que le pouvoir amylolytique des urines est augmenté par une alimentation hydrocarbonée et diminué par une alimentation non hydrocarbonée. — **M. G. Rosenthal** et **A.-P. Marcorelles** ont aérobisé d'emblée le bacille du tétanos rapidement isolé d'une plaie tétanique, par culture sur tube d'eau blanc d'œuf cacheté et repiquage sur gélose inclinée. — **M. H. Vincent** montre que l'innocuité constante de l'absorption de doses considérables de toxine tétanique dans l'intestin est due à l'action digestive des sécrétions gastrique et pancréatico-intestinale, en même temps qu'à l'influence antitoxique des principes de la bile. — **M. J.-L. Chirié** a observé, d'une façon presque constante, de l'hyperplasie corticale et médullaire des surrénales dans l'hémorragie rétro-placentaire, l'éclampsie et la néphrite gravidique. — **MM. V. Cathala** et **R. Daunay** ont constaté que si, à la naissance, on trouve en même temps une proportion notable d'hématies granuleuses et une résistance globulaire diminuée, du deuxième au dixième jour, alors que les hématies granuleuses disparaissent, la résistance globulaire ne se modifie guère. — **M. L. Verdereau** a extrait des cultures de *Bacillus virgula* un corps cristallisé, présentant les caractères des alcaloïdes et qu'il nomme *virguline*. Injecté aux animaux, il reproduit tous les symptômes et lésions de la septicémie cholérique. — **MM. J. Courmont** et **Ch. André** annoncent avoir cultivé *in vitro*, en plasma formolé humain, des corps

Digitized by Google

qui seraient les globulins de ce plasma. Ces corps sont vivants et se multiplient directement dans ce plasma en dehors de l'organisme. — **M. F. Dévé** a observé des lésions de pseudo-tuberculose hydatique primitive, avec des pseudo-tubercules de guérison. — **MM. E. Brissaud** et **Bauer** ont lié le cholédoque à un certain nombre de lapins; ils sont morts d'infection biliaire avec périhépatite plus ou moins accusée ; un seul a présenté des lésions hépatiques massives et renfermait de l'urobilinogène dans ses urines. — **M. L. Petit** montre que la toxine tétanique présente une avidité manifeste pour la lécithine; cette avidité est sensiblement moindre pour la toxine diphtérique. — **MM. M. Breton** et **L. Petit** ont constaté que la vaccination antidiphtérique peut s'obtenir chez le cobaye à l'aide d'ingestions ou d'inoculations rectales de bacilles atténués par la chaleur. — **MM. C. Levaditi, Ravaut** et **T. Yamanouchi** ont reconnu que la syphilis, lorsqu'elle laisse intact le système nerveux central, ne produit aucune modification du liquide céphalo-rachidien pouvant être appréciée par la réaction de Wassermann. — **M. Doyen** annonce que le sérum des cancéreux contient des corps spécifiques, possédant une action élective sur l'extrait de poudre de tumeur et le *Micrococcus neoformans*. — **M. C. Crithari** montre que, si l'on a soin de maintenir d'une façon permanente l'acidité du milieu, on réussit à réduire au minimum les phénomènes de fermentation butyrique. — **MM. F. Mesnil** et **E. Brimont** ont préparé une race de trypanosomes résistant *in vitro* à l'émétique et indiquent une méthode d'évaluation de cette résistance. — **M. P. Fauvel** a constaté que le bicarbonate de soude, chez l'homme sain, n'a aucun effet sur l'excrétion urique et xantho-urique; la pipérazine, par contre, diminue très notablement l'excrétion urique et davantage encore celle des purines. — **M. R. Gaultier** a provoqué de la glycosurie chez deux chiens par destruction étendue de la muqueuse duodénale à l'aide du nitrate d'argent.

Séance du 16 *Mai* 1908.

MM. J. Camus et **Ph. Pagniez** ont constaté que le cobaye s'habitue parfaitement à des températures de 38° à 39° et qu'il n'en résulte pas de modification importante de son équilibre globulaire. — **MM. C. Levaditi** et **S. Mutermilch** ont observé que l'antigène cholérique est insoluble dans l'alcool absolu, l'alcool-éther et l'acétone, mais soluble dans l'alcool aqueux. Il n'a aucun rapport avec les protéines. — **M. Ch. Richet** explique l'anaphylaxie par le fait que l'injection du poison provoque, au bout de deux semaines d'incubation, la formation d'une substance nouvelle (toxogénine), inoffensive en soi, mais qui devient hypertoxique en présence du poison primitif. — **MM. J.-E. Abelous** et **E. Bardier** ont trouvé que l'extrait éthéré de l'urine renferme, à côté d'une substance hypertensive qu'on peut précipiter par l'acide oxalique, une substance hypotensive que cet acide ne précipite pas. — **M. Cl. Gautier** a observé une brusque injection des chylifères par la lymphe grasse à la suite d'une forte contraction péristaltique de l'intestin. — **MM. M. Loeper** et **Ch. Esmonet** ont reconnu que le sang, l'extrait musculaire, splénique et rénal sont doués d'une action empêchante vis-à-vis de la pepsine et de la pancréatine. — **M. F. Guéguen** estime que les *Oospora* de la section des Continus sont des formes conidiennes de Gymnoascées, et que les *Achorion* sont des formes affines. — **M. P. Fauvel** a constaté que le chocolat et le café augmentent fortement les purines urinaires, mais diminuent notablement l'acide urique, tout en exerçant une action favorable sur sa solubilité. — **M. P. Remlinger** signale plusieurs cas de choléra à Constantinople qui ne lui semblent explicables que par la contamination au moyen de gouttelettes liquides infectieuses, arrachées à l'eau de mer souillée par la navigation ou par le vent. — **MM. Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont observé, vers le milieu de la 4e semaine de la gestation chez la lapine, une poussée intense, mais temporaire, de divisions mitosiques dans les cellules à lutéine. — **M. Ch. Gravier** a observé un cas de greffe naturelle d'un fragment brisé sur le reste de la colonie chez un Madréporaire (*Acropora muricata*). — **M. F. Répiton** propose de doser le glycose urinaire par le procédé de Pavy en substituant au terme final *décoloration* un terme final *apparition d'une coloration différente* (par le chromate neutre de K). — **M. P. Thaon** a observé une septicémie mortelle à microbes anaérobies chez une femme tombée dans une fosse d'aisances. — **M. M. Bloch** a obtenu la guérison rapide de la coqueluche par l'injection de sérum antitétanique ou l'ingestion de lait de chèvre ou de vache ayant reçu des injections de ce même sérum. — **MM. M. Doyon** et **Cl. Gautier** montrent que l'adrénaline ne modifie pas *in vitro* la transformation de glycogène en sucre dans le tissu hépatique; l'atropine protège *in vivo* la cellule hépatique contre l'action de l'adrénaline. — **M. Ch. Dopter** a obtenu l'immunisation contre le bacille de Shiga en administrant le sérum antidysentérique par les voies digestives. — **MM. A. Pettit** et **G. Loiseau** ont fait l'autopsie de douze chevaux producteurs de sérums thérapeutiques; ils ne présentent que de faibles lésions du rein et du foie.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 28 *Avril* 1908.

M. G. Daumézon a observé, dans le genre *Distoma*, des parties musculaires supplémentaires (faisceaux transverses du manteau, faisceaux longitudinaux de la branchie), formant, avec le reste de la musculature, un ensemble continu dont toutes les parties communiquent entre elles. — Le même auteur montre que l'abondance du vitellus, chez certaines Ascidies composées, peut produire d'importantes modifications de l'embryogénie normale. — **M. A. Briot** a observé une curieuse anomalie de l'avant-dernière patte thoracique gauche, chez une écrevisse : sur l'ischiopodite prennent naissance deux séries de quatre articles, au lieu d'une. — **M. Cohsy** a étudié le quadriceps fémoral des singes; il se distingue par la réduction des insertions fémorales des vastes. — **M. A. Vayssière** décrit un *Tachypterus iris* trouvé mort à l'entrée du port de Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône). — **MM. C. Gerber** et **J. Cotte** ont reconnu que le gui du genévrier (*Arceuthobium juniperorum*) se trouve généralement en Provence dans des lieux un peu élevés, mais toujours à l'abri des vents dominants. — **M. C. Gerber** a étudié l'action des sels de potassium et de sodium à acides organiques sur la coagulation du lait par les présures végétales et animales.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 5 *Mai* 1908

MM. P. Coyne et **B. Auché** montrent l'action favorable du sérum antidysentérique polyvalent sur les cobayes inoculés dans la cavité péritonéale avec des cultures du bacille dysentérique de Flexner. Le sérum de MM. Vaillard et Dopter est également actif, mais moins que le sérum polyvalent. L'un et l'autre contiennent des opsonines à l'égard des bacilles du type Flexner, mais le pouvoir opsonique du premier est plus élevé. — **M. Ch. Pérez** montre que, dans les métamorphoses des Muscides, les organes très spécialisés de la larve disparaissent complètement; les organes très différenciés de l'imago sont complètement néoformés ; seules, les régions indifférentes persistent de la larve à l'imago en subissant un remaniement. — **M. L. Gentes** a reconnu que les lobes inférieurs des Sélaciens sont des dépendances directes du *saccus infundibuli*, dont ils représentent des expansions latérales. — **M. J. Kunstler** décrit ses essais d'acclimatation de l'Ide mélanote dans les eaux du sud-ouest de la France; pour la première fois, cette année, il a obtenu des jeunes viables.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 1er Mai 1908.

M. Ch. Féry présente un *pendule électrique sans lien matériel.* Le pendule est avant tout un organe régulateur; il faut y toucher le moins possible et lui demander le minimum de travail mécanique si l'on veut obtenir le maximum de régularité. Pour réaliser aussi complètement que possible ces conditions, l'auteur a combiné un pendule d'un principe absolument nouveau, caractérisé par le fait qu'*il ne touche aucun corps solide pendant son oscillation.* L'entretien se fait par une variante du dispositif employé autrefois par Cornu pour la synchronisation et consistant à utiliser, pour la synchronisation du pendule, la réaction d'une bobine fixe sur un aimant droit solidaire du pendule. La caractéristique nouvelle du dispositif de l'auteur réside dans le fait que l'autre pôle de cet aimant, recourbé en fer à cheval, oscille librement dans un anneau de cuivre rouge formant la masse d'un petit pendule auxiliaire ayant la même durée d'oscillation que le pendule principal. Dans ces conditions, le pendule principal n'est soumis qu'aux faibles effets amortissants de l'air et des courants induits développés dans la masse en cuivre rouge du pendule auxiliaire, et qui sont tous deux constants. Un décalage de 1/4 de période a lieu naturellement entre les oscillations des deux balanciers; le pendule auxiliaire peut ainsi envoyer le courant d'une pile constante au pendule principal, ou, au retour, lancer le courant d'une pile quelconque sur une ligne pour l'enregistrement des oscillations du système. Ce pendule jouit de la propriété intéressante de se mettre en marche dès qu'on ferme ses bornes sur une pile, ce qui permet de le disposer sous une cloche à pression constante même dans un endroit peu accessible (une cave à température constante, par exemple). — **M. Ch. Féry** présente ensuite un *photomètre à lecture directe.* De nombreuses tentatives ont été faites pour effectuer les comparaisons photométriques sans le secours de l'œil. Il est malheureusement difficile de trouver un dispositif ayant sa sensibilité dans la même région du spectre que la rétine. Cette remarque explique pourquoi les actions chimiques de la lumière, la variation de résistance électrique du sélénium éclairé, etc., ne peuvent fournir que des résultats erronés. La mesure de l'énergie totale de la radiation versée par une source lumineuse ne donnerait pas de meilleurs résultats; mais il n'en est plus de même si, par un artifice quelconque, *on ne laisse passer, de chaque radiation élémentaire du faisceau, qu'une quantité proportionnelle à son activité sur la rétine.* L'absorption devra être complète dans l'ultra-violet et l'infra-rouge, et nulle pour la longueur d'onde de Langley 0μ,54. Pour les autres radiations, on pourra employer les facteurs d'illumination indiqués par Macé de Lépinay et Nicati. Pour faire cette sélection des radiations inactives sur l'œil, on peut s'adresser à une cuve absorbante. Des essais nombreux ont montré que les sels de cuivre, en particulier l'acétate, constituent des filtres parfaits. En faisant varier la concentration d'une solution d'acétate de cuivre, on déplace le maximum d'énergie et l'on peut l'amener à coïncider avec 0μ,54. A ce moment, l'expérience montre qu'il ne passe plus que 0,1 à 0,4 °/₀ (bec Bengel et bec Auer) de l'énergie totale. Le problème était donc ramené à réaliser un dispositif bolométrique suffisamment sensible pour apprécier encore cette faible énergie, et cependant assez robuste pour trouver place dans la salle d'essais photométriques. L'excellent appareil de M. C.-V. Boys, connu sous le nom de *radio-micromètre*, peut être disposé de manière à répondre à ces conditions : Un cadre cuivre-constantan est suspendu par une lame très mince de bronze phosphoreux dans le champ d'un aimant. Les deux soudures du couple, placées à la même hauteur et côte à côte, sont constituées par deux lames d'argent de 0mm,3 d'épaisseur et ayant 6 millimètres × 12 millimètres. L'une des faces de ces lames est noircie au noir de platine et l'autre polie. Ainsi disposé, le système donne 500 millimètres de déviation sur une échelle placée à 2 mètres, quand une des soudures reçoit 1 bougie-mètre (ceci sans interposition d'aucun milieu autre que l'air entre la source et la soudure). Pour rendre une sensibilité suffisante à l'appareil muni de sa cuve, une lentille forme, sur l'une des plaquettes, l'image de la source mesurée. Une commande pneumatique, actionnant la lentille à distance, permet de faire tomber la radiation filtrée alternativement sur les deux soudures, ce qui annule les déplacements de zéro. Enfin le couvercle de l'appareil est en cuivre rouge très épais, de manière à former une enceinte sensiblement isotherme. On obtient ainsi 60 mm. de déviation pour la carcel-mètre. — **M. M. Moulin** : *L'ionisation des gaz par les rayons X et la recombinaison initiale.* Pour interpréter la difficulté d'obtenir le courant de saturation dans le cas de l'ionisation des gaz par les rayons X, MM. Bragg et Kleeman ont émis l'hypothèse que les deux ions fournis par l'ionisation d'une même molécule sont susceptibles de se recombiner immédiatement sous l'influence de leur attraction mutuelle. Des considérations théoriques rendent peu vraisemblable cette hypothèse d'une « recombinaison initiale ». M. Langevin a proposé une autre interprétation, basée sur l'hypothèse que les particules X, produisant une quantité considérable d'ions le long de leur trajectoire, laissent des files d'ions de densité beaucoup plus grande que celle que l'on calculerait en supposant une répartition uniforme dans le volume du gaz; la *recombinaison générale* pourrait alors expliquer la difficulté de la saturation. M. Moulin présente les résultats d'expériences qui lui ont permis de justifier cette hypothèse. Cette hypothèse prévoit, en effet, que la saturation doit être plus facile à obtenir quand on établit le champ perpendiculairement aux trajectoires que lorsqu'on l'établit dans le sens même de ces trajectoires, le champ ayant pour effet de séparer immédiatement les ions dans le premier cas, et de favoriser leur recombinaison dans le second, en les laissant plus longtemps au voisinage les uns des autres. L'expérience montre que, dans le premier cas, la courbe monte plus vite que dans le second et se sature pour un champ de 200 volts par centimètre au lieu de 1.200-1.400 volts par centimètre. Dans les deux cas, la courbe est plus élevée quand la vitesse des particules X est plus grande. Entre les deux courbes obtenues dans les mêmes conditions pour différentes distances de la lame de polonium, on trouve que les « manques de saturation » (rapport $\frac{I-i}{I}$ de la différence du courant de saturation I et du courant actuel i au courant de saturation), pour les deux courbes, sont dans un rapport sensiblement constant, aux erreurs d'expérience près. On peut prévoir, en supposant que la loi de recombinaison est encore applicable, que le rapport du manque de saturation doit être, s'ils sont petits, du même ordre que le rapport des ordonnées de la courbe d'ionisation de la substance en fonction de la distance. Les deux rapports sont bien du même ordre. *Il s'ensuit que le manque de saturation, lié à la densité des ions le long de la trajectoire des rayons X, est dû à la recombinaison générale entre les ions produits par une même particule X.* La recombinaison initiale, proprement dite, n'a vraisemblablement qu'une influence négligeable. — **M. G. Malfitano** présente ses recherches sur *les propriétés physiques des colloïdes hydroxychloroferriques.* La *Revue* publiera prochainement un article de l'auteur sur cette question.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 8 Mai 1908.

M. R. Marquis, à propos d'un mémoire de MM. Rassow et Bauer, paru dans le dernier numéro des *Berichte* et traitant de la condensation des éthers α-bromés avec

Digitized by Google

l'éther oxalique, indique qu'il s'est occupé du même sujet. Ayant condensé, en présence de zinc, l'éther bromacétique et l'éther oxalique, il a obtenu surtout de l'éther oxalacétique et une très petite quantité d'éther citrique, qui a été caractérisé par transformation en citrate de calcium. M. Marquis ajoute qu'il s'occupe actuellement de la condensation de l'éther oxalique avec les éthers d'acides bibasiques α α-dibromés et demande que ce sujet lui soit réservé pendant quelque temps. — **M. M. Delépine** expose les propriétés des *thiosulfocarbamates métalliques*. Les sels alcalins ou alcalino-terreux sont solubles dans l'eau et cristallisent généralement hydratés. Les sels des métaux tels que Cu, Fe, Ni, Co sont très souvent solubles dans les liquides organiques, dans lesquels ils cristallisent bien, parfois avec du solvant de cristallisation. Quelques-uns sont très colorés. La cryoscopie montre que les sels alcalins sont très normaux, c'est-à-dire dissociés par l'eau. Les sels métalliques se comportent comme des molécules neutres organiques, non ionisées; aussi réagissent-ils mal (ou pas du tout) avec les réactifs ordinaires des métaux qui les constituent. Il faut les considérer comme des *complexes internes*, c'est-à-dire comme des combinaisons où l'azote de la molécule intervient pour retenir plus étroitement le métal fixé d'autre part. A cette union plus parfaite correspond une certaine volatilité pour la plupart d'entre eux et ce fait que la tendance à la formation du complexe interne donne aux constituants prochains, acide et hydroxyde métallique, une force dont ils sont isolément dépourvus. M. Delépine indique enfin comment certaines de ces propriétés permettent de rechercher le cuivre et le fer.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 6 Février 1908.

M. J.-F.-H. Dally présente ses *recherches sur le mécanisme de la respiration*, en particulier l'action de la colonne vertébrale et du diaphragme. Toutes les observations ont été faites au moyen de l'orthodiagraphe de Groedel. L'auteur a mesuré toutes les variations de dimensions et de position respective des diverses parties du tronc dans l'acte respiratoire. Il a mis en évidence un mouvement, non encore signalé, de la colonne vertébrale pendant la respiration et qui consiste dans un redressement général de la courbe de l'épine thoracique. Ce redressement a lieu surtout dans le segment de l'épine qui s'articule avec les 6e, 7e, 8e et 9e côtes. Enfin, l'auteur a déterminé l'étendue absolue des mouvements du diaphragme entre l'inspiration profonde et l'expiration; chez l'homme adulte, elle est de 34 millimètres du côté droit et de 32 millimètres du côté gauche; chez la femme adulte, elle est de 27 millimètres du côté droit et de 25 millimètres du côté gauche. — **MM. D.-A. Welsch** et **H.-G. Chapman** : *Sur le poids de précipité qu'on peut obtenir dans les réactions de précipitine avec de faibles poids de protéines homologues.* Les auteurs ont reconnu qu'une protéine homologue est capable de précipiter de la solution plusieurs fois son poids de précipité et que, dans la réaction de faibles quantités de protéine homologue avec de grandes quantités d'antisérum, la protéine n'est pas complètement enlevée du fluide surnageant, mais qu'il en reste suffisamment pour produire une deuxième et même une troisième réaction avec de nouvelles quantités d'antisérum. Il en résulte que le sérum (antisérum) d'un lapin, immunisé avec du blanc d'œuf ou avec du sérum sanguin, acquiert la capacité non pas tant de précipiter, mais plutôt d'être précipité par la protéine homologue; en d'autres termes, c'est l'antisérum, et non la protéine homologue, qui est la source principale de substance précipitable. — **MM. S.-G. Shattock** et **L.-S. Dudgeon** communiquent leurs *observations sur la phagocytose faites au moyen de la mélanine*, spécialement dans le but de décider si l'indice opsonique est identique à l'indice hémophagocytique. Les auteurs n'ont observé aucune différence de phagocytose, pendant une durée de 20 minutes, dans différents échantillons du même sérum immunisant mêlés avec les cellules du même patient, quand des bacilles sont présentés après des périodes d'incubation de 20 minutes, 30 minutes et 1 heure, les nombres de bacilles ingérés par cinquante cellules étant de 73, 74, 81. Cette expérience cruciale montre que la différence marquée dans la phagocytose observée quand des bacilles sont ajoutés à un sang immunisant et incubés pendant différentes périodes doit être attribuée, non à une opsonification postérieure du sérum, mais à l'augmentation du temps donné aux cellules pour les ingérer. La seule méthode pour arriver à une estimation correcte de la résistance hémophagocytique d'un patient est de faire agir les cellules immunisées dans le sérum immunisant. — **MM. A.-D. Hall, N.-H.-J. Miller** et **C.-T. Gimingham** : *La nitrification dans des sols acides.* Dans le sol de certaines surfaces herbacées permanentes de Rothamsted, qui est distinctement acide, par suite de l'emploi longtemps continué de chlorure et de sulfate d'ammonium comme engrais, la nitrification est fortement réduite, et les bactéries nitrifiantes sont très rares. Cependant, la nitrification continue lentement, malgré l'acidité du sol. Les extraits aqueux du sol empêchent la nitrification tant qu'ils ne sont pas neutralisés. La quantité de nitrate produite n'est pas suffisante pour l'alimentation azotée des cultures; celles-ci doivent donc utiliser les sels d'ammonium sans changement préliminaire. L'acidité est surtout due aux acides humiques peu solubles; HCl et H^2SO^4 libres sont aussi présents. L'acidité ne résulte pas d'actions purement chimiques ou physiques du sol sur les sels d'ammonium, mais de divers champignons microscopiques qui sont capables d'enlever l'ammoniaque d'une solution de ses sels et de mettre les acides en liberté. La continuation de la nitrification dans ces sols doit être attribuée à la distribution irrégulière des matériaux qui les composent.

Séance du 13 Février 1908.

M. O. E. Fawsitt : *Sur la détermination de la viscosité aux températures élevées.* Les mesures de la viscosité à des températures supérieures à 300°-400° C. présentent des difficultés considérables, et jusqu'à cette année les savants n'ont pas étudié ce sujet. La présente communication donne une description de la méthode employée par l'auteur : elle est propre à la mesure de la viscosité des liquides qui ne sont pas très visqueux, par exemple pas plus de 50 fois aussi visqueux que l'eau, et elle est spécialement propre pour la détermination de la viscosité des métaux et des sels fondus. Par cette méthode, on peut déterminer d'une façon satisfaisante la viscosité des sels jusqu'à 1.200°C. et même plus haut. Les déterminations de viscosité des métaux sont beaucoup plus difficiles, par suite de l'impossibilité de prévenir une certaine oxydation superficielle. La plus faible trace d'oxydation superficielle faussera complètement une série d'observations, et empêcher l'oxydation est réellement la principale difficulté dans de telles déterminations. La méthode employée est basée sur la méthode originelle de Coulomb, les modifications introduites étant dues à la nature spéciale des déterminations. Dans la méthode de Coulomb, un disque horizontal doit exécuter des vibrations horizontales autour d'un fil vertical suspendu et attaché à son centre. La viscosité du liquide peut être calculée d'après la vitesse de diminution d'amplitude. Pour faire une série d'observations avec cet appareil, on s'arrange de manière que le disque s'enfonce d'environ un demi-pouce au-dessous de la surface du liquide. L'amplitude des oscillations est indiquée par une aiguille, à angle droit avec la partie supérieure de la tige de fer qui porte le disque ; l'aiguille se meut sur une échelle circulaire divisée en degrés. Avec cet appareil, la détermination de la viscosité d'un liquide est exacte à 5 °/₀ près de la valeur absolue, à moins de

Digitized by Google

circonstances spéciales, comme dans le cas des métaux fondus; alors les résultats peuvent être considérablement trop élevés. Les résultats obtenus montrent l'avantage de cette méthode pour la détermination de la viscosité jusqu'à la plus haute température à laquelle on puisse employer un capillaire de platine. — **M. H. A. Wilson** : *L'effet de l'hydrogène sur la décharge d'électricité négative du platine chaud.* L'hypothèse exprimée dans ce Mémoire est que l'effet de l'hydrogène sur la perte d'électricité négative du platine chaud est dû à sa présence sur la couche superficielle du platine. Pour l'expliquer, il faut supposer que les atomes d'hydrogène de la couche sont chargés positivement, de sorte qu'ils diminuent la charge par unité de surface dans la double couche électrique couvrant la surface du platine. Tout d'abord l'hydrogène semble se dissoudre dans le platine, mais, à de hautes pressions, après un certain temps, il forme une combinaison stable avec le platine, ayant une très faible pression de dissociation. Avant que ce composé soit formé, la perte est proportionnelle à une puissance de la pression de l'hydrogène. — **MM. E. P. Perman** et **R. H. Greaves** : *La décomposition de l'ozone par la chaleur.* On a mesuré la vitesse de décomposition de l'ozone dans diverses conditions, et voici les résultats obtenus: 1° Dans un récipient de verre, la réaction est approximativement du second ordre; 2° Le rapport entre la vitesse de décomposition et la température peut être exprimé par la formule log. $k = a + bt$; 3° La rapidité de la décomposition est grandement influencée par l'étendue de la surface avec laquelle l'ozone est en contact; 4° La réaction est du premier ordre lorsque l'ozone est en contact avec une substance poreuse (tiges de tuyaux de pipes) ou quelques oxydes ; 5° Les surfaces métalliques ont peu d'influence sur la décomposition ; 6° La vapeur d'eau accélère la décomposition, et l'accélération est proportionnelle à la quantité présente ; 7° L'oxyde nitrique accélère beaucoup la décomposition ; 8° La vitesse de décomposition est une fonction linéaire de la pression de l'oxygène. On obtient un plus grand effet en diluant avec de l'azote qu'en réduisant simplement la pression de l'oxygène ; 9° A 100°, la réaction paraît être légèrement réversible; 10° Finalement, la décomposition semble avoir lieu principalement (sinon entièrement) sur les surfaces avec lesquelles l'ozone est en contact, et les mesures de la pression ne donnent aucune indication sur le nombre des molécules qui réagissent.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 8 Mai 1908.

M. C. V. Burton propose une *théorie modifiée de la gravitation.* Si l'on considère l'attraction gravitationnelle comme exercée par le moyen de l'éther, il paraît difficile à l'auteur d'éviter la conclusion que la vitesse très grande (peut-être infinie) avec laquelle cette attraction se propage est due à l'incompressibilité très grande (ou complète) de l'éther. Cette conception s'est développée dans les théories pulsatoires d'Hicks et d'autres; la grande difficulté gît toutefois dans la nécessité d'assurer une concordance de phase entre les centres de perturbation pulsatoire associés aux masses qui s'attirent mutuellement. La difficulté est évitée si l'on suppose que les ondes primaires du type de compression-raréfaction se propagent à travers l'éther avec une vitesse qui dépasse énormément celle de la lumière. Ces ondes primaires peuvent voyager dans toutes les directions ou dans une seule; le point essentiel est que toutes les longueurs d'ondes effectives soient très grandes, même mesurées en unités astronomiques. Ainsi les changements de pression seront sensiblement dans la même phase sur des régions considérables, et si la compressibilité de l'éther est localement augmentée (ou diminuée) par la présence de matière électrique neutre, chaque particule de cette matière agira comme centre de mouvement pulsatoire. — **M. C. S. Whitehead** établit une formule générale pour la construction des câbles électriques. Cette formule comprend celle de MM. O'Gorman et Russell comme cas particulier. — **M. R. M. Archer** décrit un *moyen d'illustrer les principes de l'Optique géométrique.* La lumière d'une source rectilinéaire étroite passe à travers une fente et tombe sur une surface plane à incidence presque rasante. Il est aisé d'obtenir sur la surface une longue bande étroite de lumière à bords définis; si un miroir est placé de façon que son plan soit à peu près normal à la surface, on apercevra une autre bande, correspondant au rayon réfléchi. De la même façon, on peut tracer la trajectoire d'un faisceau émergeant d'un bloc ou d'un prisme de verre. D'intéressants effets peuvent être obtenus en employant plusieurs fentes et projetant sur elles le faisceau d'une lanterne de projection éloignée ; on peut ainsi démontrer la formation des caustiques.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 2 Avril 1908.

M. G. Senter a étudié l'hydrolyse de l'acide bromacétique et de son sel de Na par l'eau; c'est une réaction monomoléculaire. L'hydrolyse de l'α-chlorohydrine par l'eau est extrêmement lente; elle est très rapide en présence d'un alcali : la réaction est bimoléculaire. Les sels neutres de Na retardent légèrement l'hydrolyse des bromoacétates par l'eau, et accélèrent l'hydrolyse de ces composés par les alcalis. — **M. S. S. Pickles** a trouvé, dans l'essence d'*Origanum* de Chypre : 1° du carvacrol (84 °/₀); 2° un nouveau terpène $C^{10}H^{16}$, nommé *origanène*, qui est probablement le $\Delta^{1:3}$-*p*-menthadiène (2,5 °/₀); 3° du cymène (8,5 °/₀); 4° des alcools terpéniques (3,5 °/₀); 5° un résidu à haut point d'ébullition, paraissant contenir un phénol et de l'acide isobutyrique. — **MM. Al. Mc Kenzie** et **G. W. Clough** ont résolu l'acide *r*-phénylchloracétique dans ses constituants actifs au moyen de la morphine en solution méthylalcoolique. — **MM. D. R. Boyd** et **E. R. Marle**, en faisant réagir l'épichlorhydrine sur le phénol, ont obtenu, non l'éther phénylglycidique de Cohn et Plohn, mais l'éther glycéryldiphénylique, $C^6H^5.O.CH^2CH(OH).CH^2O.C^6H^5$, F. 81°-82°. Avec le *p*-crésol, il se forme l'éther glycéryldi-*p*-tolylique, F. 88°. — **M. F. D. Chattaway** a constaté que les hydrazines aromatiques primaires réagissent quantitativement avec les perbromures de diazonium, en donnant des bromures de diazonium. Comme les perbromures de diazonium s'obtiennent facilement à l'état solide et se conservent longtemps sans altération, on possède là une méthode commode de préparation des bromures de diazonium solides ; la réaction se fait en suspension dans l'alcool. — **M. A. G. G. Leonard** a examiné avec beaucoup de soin le spectre d'absorption du triphénylméthane. En opérant sur un produit recristallisé plusieurs fois de l'alcool, il a obtenu des courbes identiques à celle de Baker. Les courbes de Hartley sont dues à la présence d'une impureté. — **M. W. N. Hartley** a recherché la nature de cette impureté; c'est un hydrocarbure jaune, sujet à l'oxydation, probablement le triphénylméthyle de Gomberg. — **M. S. H. C. Briggs** présente ses recherches sur la constitution des composés coordonnés. — **M. A. E. Hill** décrit un dispositif combiné de robinet d'arrêt et de tube de liaison capillaire pour les burettes à gaz. — **M. S. J. M. Auld** a étudié l'hydrolyse de l'amygdaline par l'émulsine. L'émulsine de Jorissen et Hair est un mélange de deux enzymes : une vraie émulsine et un ferment analogue à la maltase. L'activité de l'émulsine est intimement liée aux groupes basiques et acidiques, car les acides et les alcalis rendent le ferment inactif et ne le détruisent qu'aux hautes concentrations. L'hydrolyse de l'amygdaline est à peu près complète; les 97 °/₀ du glucoside sont décomposés. — **M. A. N. Meldrum**, en faisant réagir le nitrite de K sur les sels de Pb, a obtenu des composés complexes, jaune clair à orange, contenant K et Pb dans le rap-

Digitized by Google

port atomique 3:2. Il a également préparé un sel $K^2Pb(AzO^3)^2AzO^2H^2O$. — Le même auteur a reconnu que la formule du periodure de plomb et de potassium préparé par Wells n'est pas $K^3Pb^2I^8.4H^2O$, mais bien $K^2Pb^4I^{10}.10H^2O$. — MM. **A. N. Meldrum** et **W. E. S. Turner** ont déterminé la complexité moléculaire des amides dans divers solvants. Excepté pour l'eau, les résultats s'accordent avec la théorie de Nernst-Thomson, suivant laquelle plus la constante diélectrique du solvant est faible, plus l'association du corps dissous est grande. — MM. **W. J. Pope** et **J. Read** ont essayé de résoudre les acides chlorosulfoacétique et chlorobromométhanesulfonique en leurs isomères optiques par cristallisation de leurs sels de strychnine et de quinidine; mais ils n'ont pas obtenu de composés énantiomorphes. — MM. **F. Chick** et **N. T. M. Wilsmore** ont constaté que le cétène se condense à la température ordinaire pour former un liquide brun, qui distille en donnant un liquide incolore, Eb. 126-127°, F. —6° à —7°. Ce corps est l'acétylcétène $CH^3CO.CH:CO$ ou $CH^2:C(OH).CH:CO$. — **M. A. Lapworth** a étudié la saponification du formiate d'éthyle par l'eau en présence d'acides comme agents catalytiques. La vitesse de saponification est presque indépendante de la concentration de l'eau pendant la plus grande partie de la réaction, contrairement aux affirmations de Stieglitz. — MM. **M. O. Forster**, **H. E. Fierz** et **W. P. Joshua** ont préparé, par l'action du dichlorure d'éthylène sur Az^3Na, le 1 : 2-bistriazoéthane, $Az^3CH^2CH^2Az^3$, Eb. 53° sous 9 mm. L'éther dichloroacétique et Az^3Na donnent l'éther bistriazoacétique $CH(Az^3)^2.CO^2C^2H^5$, Eb. 70°-72° sous 2 mm

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION D'ÉCOSSE

Séance du 24 Mars 1908.

MM. **G. G. Henderson** et **J. C. Galletly** ont étudié les *réactions de quelques métaux chauffés dans une atmosphère d'ammoniaque*. Les métaux expérimentés ont été Mn, Cr, Mo, Tu, Ti, Sn, Pb, Zn, Cd, Al et Pd. Dans tous les cas, AzH^3 est décomposé. Les auteurs inclinent à penser qu'il se forme toujours un azoture, au moins transitoirement, même quand Az ne reste pas en combinaison avec le métal, car fréquemment la température à laquelle l'azoture métallique se forme et celle où il se décompose sont très proches l'une de l'autre. — MM. **J. S. Ford** et **J. M. Guthrie** présentent leurs recherches sur les ferments amylolytiques et protéolytiques des farines de blé et leurs relations avec la « valeur de panification ».

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 9 Janvier 1908.

M. **W. Nernst** présente un Mémoire relatif à la *théorie de la polarisation galvanique* et à l'application qu'on peut en faire pour calculer les stimulus des courants électriques. L'auteur se base sur les phénomènes présentés par une électrode métallique solide plongée dans une solution quelconque et où il y a, suivant la direction du courant traversant le système, ou dissolution ou dépôt du métal. Les variations de la force électromotrice de l'électrode sont, dans ce cas, déterminées par des variations de concentration des ions du métal, lesquelles dépendent à leur tour, soit de la quantité de courant qui passe, soit de la compensation des différences de concentration dues à la diffusion. Il discute les équations différentielles gouvernant ces variations de concentration pour certaines conditions de limites et il applique les formules ainsi trouvées aux stimulus physiologiques exercés par les courants électriques. C'est ainsi qu'il constate que les stimulus dus à des impulsions de courant donnent une formule simple, le courant caractéristique du seuil du stimulus étant inversement proportionnel à la racine carrée de sa durée. Les expériences de plusieurs auteurs permettent la vérification quantitative de cette loi. — M. **E. Fischer** rend compte des résultats d'un travail fait en collaboration avec M. **F. Wrede**, sur la *détermination des chaleurs de combustion des composés organiques*, à l'aide du thermomètre à résistance de platine. Grâce à une méthode thermométrique perfectionnée, les auteurs ont réussi à atteindre une précision plus grande dans les déterminations de la chaleur de combustion de l'acide benzoïque et du sucre de canne. — M. Fischer adresse un Mémoire de M. **J. Rosenthal**, professeur à l'Université d'Erlangen, sur le *dédoublement des composés chimiques très compliqués dans un champ magnétique fluctuant*. On sait que les corps chimiques sont décomposés par un apport d'énergie, sous la forme soit de chaleur soit de lumière (effets actiniques). Or, certains groupes de composés très compliqués, lesquels subissent la scission hydrolytique due aux enzymes, occupent une position à part, faute d'une théorie satisfaisante des effets enzymiques. L'auteur pense qu'il doit être possible d'opérer le dédoublement hydrolytique de ces corps, sous l'action des vibrations électromagnétiques, essentiellement identiques, suivant les idées généralement reçues, avec les manifestations de la lumière, jetant par là un pont entre les effets enzymiques et les phénomènes actiniques et photo-dynamiques. Il trouve, en effet, que les composés chimiques accessibles au dédoublement enzymique (protéines, glucosides, polysaccharoses et disaccharoses) se décomposent d'une façon analogue, en formant les mêmes produits de scission, lorsqu'on les introduit à l'intérieur d'un solénoïde traversé par des courants alternatifs ou par des intermittences régulières de courant continu intense. Le nombre d'interruptions ou d'alternances de courant nécessaires à cet effet varie d'une substance à l'autre, étant, dans le cas de l'amidon, de 340 à 380 par seconde. Une discussion détaillée de la décomposition de cette substance fait voir son accord parfait avec les phénomènes dus aux enzymes diastasiques. L'auteur termine en signalant l'analogie qui existe avec les effets chimiques de la lumière et la possibilité d'une hypothèse suivant laquelle on serait en présence d'une transmission d'énergie de l'éther aux molécules matérielles conduisant à la décomposition de ces dernières.

Séance du 16 Janvier 1908.

M. M. **Rubner** discute, au point de vue de la consommation de l'énergie, le *problème de croissance et de la durée de la vie de l'homme et de quelques Mammifères*. On sait que les phénomènes de croissance, dans les règnes animal et végétal, sont parmi les plus frappants de la nature animée. Les processus visibles d'accroissement des masses correspondent à de singulières modifications de l'intérieur des cellules. Or, tandis que les phénomènes caractéristiques de la vie embryonnaire sont étudiés dans le détail, les changements qui s'opèrent dans l'intimité des éléments cellulaires pendant l'existence libre de l'individu n'ont guère été étudiés. Pourtant, indépendamment de son intérêt scientifique général, cette question est étroitement liée aux théories de l'alimentation des nourrissons. L'auteur constate que, pendant la période intra-utérine, aussi bien que pendant l'extra-utérine, des sommes concordantes d'énergie sont consommées pour former un kilogramme du poids vivant d'un organisme animal. Des faits analogues se constatent en étudiant les quantités d'énergie converties pendant la vie par kilogramme d'animal adulte. L'homme seul occupe une position à part vis-à-vis des animaux jusqu'ici examinés. Les résultats des expériences tentées sur lieu font entrevoir la possibilité de discuter certains problèmes théoriques relatifs à la durée maxima de la vie. — M. Branca présente un Mémoire du Professeur **H. Pontonié** sur les *formations allochtones récentes d'hu-*

Digitized by Google

mus. En étudiant ces formations si rares, en comparaison des formations autochtones, l'auteur trouve que la substance dite *Alpenmoder*, dont la genèse n'était pas encore élucidée, est de leur nombre, étant le produit de l'humus lessivé dans la tourbe sèche des Alpes et charrié à vau-l'eau. — Le même membre adresse un travail : *Animaux volants fossiles et l'acquisition du pouvoir de vol*, lequel sera publié parmi les Mémoires présentés à l'Académie.

Séance du 30 *Janvier* 1908.

M. Lenz : Sur la tentative de réforme des écoles de médecine prussiennes faite, en 1802, par le Ministre von Massow. Ce dernier n'aspirait à rien moins qu'à décomposer les universités en écoles spéciales. Comme la médecine disposait déjà du *Collegium medico-chirurgicum* de Berlin, elle se serait le mieux prêtée à un début de réforme dans cette voie. M. von Massow voulait en faire une école supérieure d'instruction pratique, tout en limitant l'enseignement théorique à deux Facultés du pays. — **M. F. Schottky** : Seconde note sur les relations entre les variables limitées à des régions données (suite des recherches présentées à l'Académie le 19 décembre 1907).

A. Gradenwitz.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 2 *Avril* 1908.

1° Sciences physiques. — **M. F. Kerner von Marilaun** a étudié la variabilité de la période annuelle de précipitations dans la région qui s'étend entre le Danube et le nord de l'Adriatique. Cette variabilité augmente du bord nord des Alpes jusqu'au sud de l'Istrie, puis diminue en allant plus loin vers le Sud. — **M. J. Hann** a déterminé la variation diurne de la force du vent sur les sommets des montagnes du sud de l'Inde dans ses rapports avec la variation diurne de la pression atmosphérique. Il montre que la variation diurne double de la pression du vent est la résultante de la double oscillation barométrique diurne. — **M. E. L. Lederer** montre que la grande résistance électrique des alliages n'est pas due à des forces thermoélectriques, car les résistances pour un courant mesurées avec le pont de Wheatstone et les résistances mesurées par la chaleur Joule sont égales pour quatre alliages examinés. — **M. O. Dœlter** a fait des mesures de conductibilité électrique sur les silicates fondus entre 800° et 1400°. Lorsque la température s'élève, le courant de polaritation n'est perceptible qu'au voisinage du point de fusion; au refroidissement, par suite d'une surfusion, ce courant peut se montrer encore à 100° ou 200° au-dessous du point de fusion. — **M. A. Kirpal** a préparé un certain nombre de bétaïnes de la série pyridique; l'éther méthylique de la β-oxypyridine-bétaïne se comporte anormalement quand on le porte à l'ébullition avec HI. — **M. J. Rainer** décrit l'acide *o*-benzoyl-*m*-nitrobenzoïque et quelques-uns de ses dérivés. — **M. D. Lieber** a transformé en indolinones, par le procédé de Brunner, les hydrazides de l'α-et de la β-naphtylhydrazine. — **MM. Zd. H. Skraup** et **F. Hummelberger** ont séparé, par précipitation avec le sulfate d'ammonium et en partie par dialyse, les albumoses provenant de l'action de l'acide sulfurique sur la gélatine. Ces albumoses ou peptones sont encore des mélanges; les plus facilement précipitables contiennent peu de lysine et d'acide glutamique et beaucoup de glycose. — **M. R. Andreasch** : Sur les acides rhodamiques substitués et leurs produits de condensation aldéhydique. — **MM. A. Kreidl** et **A. Neumann** ont retrouvé dans le lait de cheval, d'éléphant, de brebis et de rat les particules ultramicroscopiques (lactoconies) qu'ils avaient découvertes dans le lait de vache. Ces particules sont constituées par de la caséine. La précipitation de la caséine en flocons est précédée d'un stade où ce corps est suspendu sous forme de corpuscules ultramicroscopiques; mais, tandis que chez les animaux ce stade se présente naturellement dans le lait, chez la femme ces particules ne se forment que par l'action du lab.

2° Sciences naturelles. — **M. L. Réthi** présente ses recherches sur la voix des oiseaux. Il a observé, dans le larynx inférieur d'oiseaux chanteurs vivants, des mouvements respiratoires des cordes vocales : un élargissement pendant l'inspiration et un rétrécissement pendant l'expiration. D'autre part, il a reconnu que, pour les tons bas comme pour les tons hauts, les cordes vocales vibrent d'après le mécanisme d'un sifflet à bouche. — **M. F. Steindachner** décrit deux nouveaux Siluroïdes (*Doras regani* et *Plecostomus unicolor*), deux nouvelles espèces de *Curimatus* (*C. notatus* et *C. xinguensis*) et une variété d'*Ancistrus vittatus*, trouvés dans le bassin de l'Amazone brésilien. — **M. K. Gaulhofer** montre qu'à côté des dispositifs déjà décrits par Haberlandt pour la perception de la direction de la lumière, chez certaines plantes les ponctuations et les fentes marginales et les parois radiales déjetées de l'épiderme foliaire supérieur peuvent servir au même but. — **M. P. Fröschel** a reconnu que le temps de présentation héliotropique diminue lorsque l'intensité augmente, à peu près suivant une hyperbole équilatère, qui a pour asymptotes les axes des ordonnées et dont l'équation est xy=constante.

Séance du 9 *Avril* 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. Holetschek** a calculé de nouvelles éphémérides pour la recherche de la comète de Halley à son prochain retour. Sa clarté ne correspondra qu'à la 18e grandeur le 1er novembre 1908 et à la grandeur 15, 3 le 2 octobre 1909.

2° Sciences physiques. — **M. F. Hasenöhrl** a calculé la masse électromagnétique de l'électron. Le flux d'énergie relatif dans le champ de l'électron en mouvement est en rapport étroit avec le travail de déformation nécessaire à une dilatation homogène de l'électron. On en déduit une équation différentielle partielle, d'où l'on peut calculer aussitôt le montant de la grandeur de mouvement. — **M. E. Lecher** a recherché, pour les thermo-éléments fer-constantan, fer-nickel, fer-platine et fer-cuivre, si un chauffage de 7 mois et demi à 500° en circuit fermé provoquerait un changement de place de la soudure, par conséquent une variation de la force thermo-électrique. Aux erreurs d'observation près, l'auteur a observé une constance absolue des éléments. — **M. A. Scholz** a constaté que les acides organiques polybasiques donnent des sels doubles ferreux jaunes et non pas verts; seul le malonate ferrosodique a pu être isolé. Le malonate ferrisodique est vert, comme l'oxalate. — **MM. L. Haitinger** et **K. Ulrich** ont traité, d'après les méthodes de Curie et de Debierne, 10.000 kilogs de résidus de pechblende uranifère. Ils ont obtenu 1 gramme d'une fraction de tête, renfermant du chlorure de radium pur; il restait 2 grammes de $Ra\,Cl^2$ dans les fractions plus faibles. — **MM. H. Schrœtter** et **R. Weitzenbœck** ont constaté que l'acide rhizocholique $C^8H^6O^7$, provenant de l'action de Hg et H^2SO^4 concentré sur la cholestérine et l'acide cholalique, se forme aussi dans l'action de ces deux réactifs sur le camphre et l'essence de térébenthine, ce qui démontre la parenté des premiers corps avec les terpènes.

3° Sciences naturelles. — **M. E. Heinricher** réfute l'opinion de M. van Tieghem sur la structure des tubercules de *Balanophora*.

L. Brunet.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 12 30 JUIN 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Etude récente des spectres des grandes planètes. — M. Slipher, de l'Observatoire Lowell, a étudié récemment, au moyen de la photographie, le spectre des quatre grandes planètes dans le but principal de faire des recherches sur l'absorption de leurs atmosphères. Les plaques employées, qui étaient surtout sensibles au rouge orange, ont donné des spectres s'étendant jusqu'à la raie C. L'examen des clichés prouve d'une façon indiscutable que les planètes qui sont semblables télescopiquement ont des spectres analogues.

C'est ainsi que les spectres de Jupiter et de Saturne présentent les mêmes caractères, tandis que le spectre d'Uranus se rapproche plutôt de celui de Neptune.

Toutefois, les bandes $\lambda = 5430$ et $\lambda = 6193$ sont plus accentuées dans Saturne que dans Jupiter, alors que la bande $\lambda = 646$, très marquée sur cette dernière planète, est plutôt faible dans la précédente. Ces dissemblances conduisent à penser que les proportions des gaz qui constituent les deux atmosphères ne sont pas égales.

Quant au spectre d'Uranus, il diffère de ceux de Jupiter et de Saturne en ce que les bandes $\lambda = 543$ et $\lambda = 577$ sont chez lui plus accentuées; on peut faire la même remarque au sujet de la raie F de l'hydrogène. Quelques bandes faibles apparaissent aussi, qu'on ne retrouve pas dans les spectres de Jupiter et de Saturne.

Le spectre de Neptune contient un bon nombre de fortes bandes d'absorption. Elles sont même si prononcées, dans la région comprise entre F et D, que le caractère du spectre solaire y est presque méconnaissable. Il y a, d'ailleurs, une très grande différence entre les spectres de Neptune et d'Uranus. Les raies dans Neptune sont toutes renforcées et beaucoup d'entre elles n'ont été observées dans aucune autre planète. La raie F, plus développée dans les deux spectres que dans celui du Soleil, est extrêmement foncée dans le spectre de Neptune. Il y a donc de l'hydrogène libre dans les atmosphères des deux planètes; et ce caractère, joint à quelques autres, montre que la composition de leur enveloppe gazeuse est très différente de ce que nous voyons sur la Terre.

Le spectre de Saturne a été l'objet d'un examen extrêmement sérieux. La fente du spectrographe a été placée suivant le grand axe de la planète, de façon à obtenir le spectre des anses de l'anneau sur la même plaque. La Lune a été prise comme source de comparaison, et, comme on en a obtenu des photographies alors qu'elle était environ à la même hauteur que Saturne, on peut considérer que l'absorption due à l'atmosphère terrestre a affecté également les deux spectres. Or, dans ces conditions, il y a une différence très sensible entre le spectre de la Lune, qui ressemble à celui du Soleil, et le spectre de Saturne. Ce dernier montre des bandes d'absorption comprises entre les raies F et C. Disposées d'après leur force relative, ces bandes peuvent être classées dans l'ordre suivant : 6193, 5430, 6145, 645 et 577, mais cette dernière est très faible, par conséquent douteuse.

Autre fait intéressant : aucune des bandes observées dans le spectre de Saturne n'est visible dans celui des anneaux. Il est vrai que, en raison de l'extrême étroitesse de ce dernier, les bandes pourraient passer inaperçues d'une façon générale; mais il est peu probable qu'une raie, même notablement plus faible que celle de $\lambda = 6193$, échapperait à l'examen. L'absence certaine de cette bande prouve que, si le système des anneaux est enveloppé d'une atmosphère, comme on l'a insinué dans ces derniers temps, celle-ci doit être extrêmement raréfiée. Cette absence avait déjà été signalée par Keeler d'après ses propres observations visuelles, et par Hale et Elleman à la suite d'un examen des clichés qu'ils avaient obtenus.

Nous pouvons remarquer encore qu'il est impossible d'identifier les bandes du spectre de Saturne avec une bande quelconque due à l'absorption de l'atmosphère terrestre, et les plaques ne montrent pas la moindre trace de vapeur d'eau dans le système de Saturne.

Abbé Th. Moreux.

La détermination de la rotation du Soleil par les raies de l'hydrogène. — Le Professeur W. S. Adams a obtenu des résultats fort intéressants, concernant les lignes de l'hydrogène $H\alpha$, $H\gamma$, $H\delta$, examinées dans l'atmosphère solaire, en vue d'une détermination spectroscopique de la rotation du Soleil.

Digitized by Google

La première conclusion est que les lignes de l'hydrogène indiquent pour la rotation solaire une vitesse supérieure à la vitesse donnée par les autres éléments et par l'étude des taches et des facules. La différence est de 1° pour le mouvement angulaire à l'équateur. Le fait le plus curieux est que Hα, qui présente certains caractères anormaux dans sa largeur, son intensité et sa position sur le limbe solaire, donne des vitesses légèrement plus grandes que les autres lignes de l'hydrogène.

En second lieu, dans les régions où se trouvent les lignes de l'hydrogène, l'accélération équatoriale n'existe pas ou est trop faible pour être mesurée par cette méthode.

Ces conclusions prouvent que l'hydrogène absorbant est situé à une altitude plus élevée que les autres gaz et vapeurs, par exemple le calcium. D'ailleurs, il résulte de recherches faites antérieurement que le carbone et le lanthane donnent aussi des vitesses moindres et que ces gaz flottent, par conséquent, à une plus faible hauteur.

La détermination de la rotation solaire, basée sur les mesures des flocculi d'hydrogène, par le Professeur Hale, confirme, d'autre part, l'absence de l'accélération équatoriale dans la couche hydrogénée absorbante de l'atmosphère solaire.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Les hélices des navires à turbines. — La détermination des éléments des hélices (nombre, diamètre, vitesse de rotation, pas constant ou moyen) est toujours un des problèmes délicats qui se posent dans l'établissement d'un projet de navire : l'utilisation de la puissance motrice et, par suite, la vitesse du bâtiment en dépendent à un tel point qu'un changement judicieux d'hélices a quelquefois fait gagner 10 à 12 °/₀ sur la vitesse maxima. De nombreux travaux ont été produits sur la question, et l'on est arrivé à poser des formules qui permettent, d'une manière générale, de déterminer à peu près les hélices convenables pour un navire dont on se donne le déplacement, la puissance motrice et le tirant d'eau. Cependant, l'adoption des turbines a mis ces formules en défaut sur certains points, et, pour les premiers bâtiments munis de ce système de propulsion, il a fallu procéder par tâtonnements. Sur la *Turbinia*, qui était un bâtiment d'études, M. Parsons a essayé successivement un très grand nombre d'hélices différentes avant d'arriver au maximum de rendement, et, plus récemment encore, le *Dreadnought*, qui a été le premier cuirassé à turbines, a dû changer ses hélices à trois reprises, au cours de ses essais.

La principale caractéristique des turbines est d'exiger, pour avoir un fonctionnement économique, une vitesse de rotation très grande. Lorsqu'on s'en sert pour conduire des machines auxiliaires, telles que des dynamos, par exemple, on peut produire une démultiplication au moyen d'engrenages appropriés; mais, quand il s'agit d'actionner une hélice propulsive, il ne saurait évidemment être question d'un pareil artifice, qui absorberait en pure perte une quantité considérable d'énergie. Il faut donc se résoudre à accepter pour l'hélice des vitesses de rotation plus considérables que dans le cas des machines alternatives : ordinairement 600 à 700 tours, au lieu de 300, sur les navires moyens, et pour les cuirassés 300 à 400, au lieu de 100 à 150. Ces vitesses supérieures sont, d'ailleurs, avantageuses, tant qu'on ne dépasse pas certaines valeurs imposées par d'autres considérations.

Avec un grand nombre de tours, la vitesse circonférentielle est très grande et l'on court le risque de voir se produire le phénomène de la cavitation, où l'hélice tourne dans le vide, l'eau attaquée par ses ailes fuyant sans qu'une autre eau ait le temps de la remplacer; pour éviter cet inconvénient, qui diminue le rendement dans des proportions inacceptables, on est conduit à diminuer le diamètre; mais d'autre part, en diminuant le diamètre, on réduit la surface propulsive et, par suite, la vitesse du navire. Il faut donc, pour maintenir cette surface constante, augmenter le pas de l'hélice, et le pas ne peut être augmenté que dans des limites assez étroites, ainsi que de nombreuses expériences l'ont démontré. On est très vite amené, pour éviter la cavitation, à accepter soit une diminution de la surface propulsive, soit une réduction du rapport du pas au diamètre : de là une perte sur le rendement, perte telle qu'elle risque d'absorber tout le bénéfice dû à l'accroissement du nombre de tours.

Le seul remède, quand on a diminué dans une proportion convenable le diamètre de l'hélice et augmenté son pas jusqu'à la limite, consiste à augmenter le nombre des propulseurs. La puissance motrice est alors répartie sur plusieurs hélices au lieu de l'être sur une ou sur deux, et il est possible d'atteindre pour chaque hélice un rendement assez bon.

On a essayé, pour ne pas multiplier les machines, de mettre deux hélices en tandem sur le même arbre; mais les expériences, encourageantes d'abord, ont ensuite donné de mauvais résultats : l'hélice de l'arrière travaillait dans une eau troublée par celle de l'avant, et avait de ce fait un mauvais rendement. Cependant, les expériences n'ont pas été poussées assez loin pour qu'on puisse affirmer que ce n'est pas là une solution satisfaisante; il faut seulement que les deux hélices soient assez écartées longitudinalement pour ne pas se gêner mutuellement : un écartement de $2^m,50$ à 3 mètres serait sans doute réalisable sur de grands bâtiments, et il y aurait intérêt à faire de nouveaux essais pour mesurer le rendement dans ces conditions.

Actuellement, on est plutôt disposé à augmenter le nombre des machines; de deux ou trois qu'il était sur les grands navires, on a passé tout de suite à quatre avec quatre arbres portant chacun une hélice; les arbres extérieurs se terminent sur l'avant des arbres intérieurs, et l'écartement est facilement fait assez grand pour mettre toutes les hélices dans de bonnes conditions de travail. On étudie même en ce moment un projet qui comporte six machines avec six arbres indépendants; mais le placement des arbres et surtout des hélices est difficile, et c'est sans doute là la limite que l'on ne saurait dépasser.

Quoi qu'il en soit, la question est maintenant fort avancée et les résultats sont très satisfaisants. C'est ainsi que le *Dreadnought*, qui déplace 18.000 tonneaux, a réalisé une vitesse de 21,5 nœuds, avec une puissance motrice de 17.000 chevaux, tandis que nos cuirassés récents du type *Patrie*, de 15.000 tonnes, n'ont fait que 19 nœuds avec la même puissance. Le bénéfice de vitesse, et, par suite, de rendement de la puissance, est peut-être dû en faible partie à des formes plus fines et mieux étudiées, mais il provient surtout de l'excellence des hélices et de leur grande vitesse de rotation.

A. T.

§ 3. — Physique

Sur les modifications des propriétés physiques du platine et du nickel soumis à un travail mécanique. — Nous possédons de nombreuses données relatives aux modifications des propriétés physiques des métaux soumis aux travaux mécaniques les plus variés (traction, martelage, torsion, compression et recuit). M. Kahlbaum, notamment, a constaté que les métaux subissant l'action d'une pression très élevée présentent d'abord un accroissement de densité, suivi d'une diminution, qui commence à un point d'inversion bien marqué. Si le métal est alors chauffé, il se présente un nouvel accroissement allant jusqu'à un point de densité maxima, lequel correspondrait à la disposition la plus stable des molécules. Il va sans dire que ces modifications de densité s'accompagnent de variations de toutes les propriétés physiques jusqu'ici étudiées. C'est dire que les forces mécaniques agissant sur les métaux

Digitized by Google

en modifient la constitution interne. Alors que la majeure partie de l'énergie est convertie en chaleur de frottement, une autre partie reste, en effet, dans la structure moléculaire modifiée, à l'état latent, sous la forme d'énergie potentielle. Lorsqu'on arrive aux pressions les plus élevées, les métaux se comportent comme les liquides, c'est-à-dire qu'ils passent à l'état amorphe. Un réchauffement ultérieur permet le retour à l'état cristallin.

Ces recherches viennent d'être reprises par M. W. Schlett[1], qui choisit, comme objets de ses expériences, deux métaux bien étudiés par les expérimentateurs antérieurs et qui présentent une résistance remarquable aux influences atmosphériques, à savoir le platine et le nickel.

De trois boulons taillés dans une barre de chacun de ces métaux et dont la chaleur et le poids spécifiques avaient été déterminés au préalable, on choisissait, pour chaque métal, le boulon de moindre densité, lequel fut soumis à toutes sortes de traitements mécaniques, suivis de déterminations de la densité. Voici les résultats de ces recherches :

Les métaux à des états de traitement différents se comportent comme les modifications allotropiques des métalloïdes et, notamment, suivent la règle de Richarz, d'après laquelle la modification la plus dense présente la moindre chaleur spécifique. En comparant les relations entre la chaleur spécifique, d'une part, et le volume spécifique et la température, de l'autre, on reconnaît que les accroissements de température entraînent des modifications bien plus profondes du groupement des molécules que le simple traitement mécanique.

§ 4. — Chimie physique

Les expériences de M. Landolt sur la loi de Lavoisier. — Le génie de Lavoisier l'avait conduit à formuler la *loi fondamentale de la conservation de la matière*, — ou, comme l'on dit aujourd'hui, *la loi de la conservation de la masse*, — au cours des réactions chimiques. Cette loi, qui domine toute la Chimie moderne, n'avait été cependant établie que par des expériences dont la précision n'est plus en rapport avec celle de la technique scientifique contemporaine. Il était donc bien naturel de la soumettre à de nouveaux contrôles, en utilisant des moyens plus précis et plus exacts que ceux mis en œuvre il y a plus d'un siècle. C'est à cette tâche difficile et délicate que le Professeur Landolt, de Berlin, a consacré, à diverses reprises, plusieurs années de travail et à laquelle il vient de donner sa conclusion[2]. Elle est assez importante pour être signalée ici avec quelques détails.

En principe, ces expériences consistent à placer dans les deux branches d'un tube ayant la forme d'un U renversé, et que l'on scelle ensuite à la lampe, deux substances susceptibles de réagir facilement l'une avec l'autre (un acide et une base, de l'acide sulfurique et du chlorure de baryum, du nitrate d'argent et du sulfate ferreux, de l'acide iodique et de l'acide iodhydrique, etc.), à peser l'appareil avant et après la réaction et à observer s'il y a ou non une variation de poids. Les pesées se font naturellement avec toutes les précautions employées pour les pesées exactes : méthode des doubles pesées, contre-poids de même verre et même volume, etc.

La première série du Professeur Landolt a été publiée en 1893; le sujet ayant attiré l'attention, quelques savants entreprirent aussi des mesures analogues; celles-ci furent reprises par M. Landolt avec des moyens beaucoup plus exacts. En voici le résumé publié en 1906[3]; on remarquera que la plupart des réactions chimiques étudiées alors ont fait l'objet de plusieurs expériences :

	NOMBRE de réactions étudiées	NOMBRE des expériences	AUGMENTATION de poids	DIMINUTION de poids
	—	—	—	—
Landolt (1893).	5	16	4 exp.	12 exp.
Lanford et Ray (1897) .	1	5	2	3
Heydweiller (1901). . .	6	21	2	19
Joly (1903)	1	14	4	10
Losurdo (1904).	1	5	3	2
Landolt (1906).	14	54	12	42

En analysant en 1906 les résultats de sa seconde série de déterminations, — exécutées, comme nous venons de le dire, avec des moyens beaucoup plus précis, en particulier avec une balance sensible au 1/100 de milligramme et avec laquelle l'auteur note quelques unités de l'ordre du 1/1.000 de milligramme par la méthode des oscillations, — M. Landolt constatait que ces expériences et celles de M. Heydweiller, qui lui paraissaient aussi concluantes, montraient que les trois quarts des déterminations accusaient une perte de poids dans les réactions chimiques, et le quart une augmentation de poids; la perte de poids la plus élevée était de l'ordre du 1/200.000. En même temps, le savant professeur de Berlin annonçait de nouvelles recherches sur les causes d'erreur possibles.

Ce sont les résultats de ces nouvelles recherches qui viennent d'être communiqués à l'Académie des Sciences de Berlin. Elles ont mis en évidence deux causes d'erreurs non soupçonnées jusqu'à présent.

La première a trait à la condensation de l'humidité à la surface du verre. L'auteur a constaté que la chaleur dégagée par les réactions chimiques étudiées a pour effet de diminuer la très petite quantité d'humidité condensée normalement à la surface du verre; on peut s'en rendre compte en étudiant les variations de poids d'appareils de verre, desséchés dans une atmosphère privée d'humidité par l'acide sulfurique, puis abandonnés à l'air ordinaire; ils ne reprennent leur poids primitif, à quelques millièmes de milligramme près, qu'en quelques jours. Voici une série de mesures indiquant, en fonction du temps, la différence entre le poids primitif d'un appareil de verre, d'une surface extérieure de 380 centimètres carrés environ, et son poids après un séjour de quarante-huit heures dans l'air sec :

TEMPS ÉCOULÉ	DIFFÉRENCE DE POIDS
—	—
3 heures	— 0,121 milligr.
1 jour.	— 0,018
2 jours	— 0,002
3 —	— 0,007
4 —	— 0,003
5 —	— 0,005
6 —	+ 0,001

C'est donc à partir du second jour que le verre a repris son poids primitif. On juge par là combien est justifiée la précaution, adoptée depuis quelques années par plusieurs expérimentateurs, d'essuyer toujours au moyen d'un linge humide les appareils de verre qui doivent être pesés avec exactitude ainsi que leurs contre-poids.

La seconde cause d'erreur trouvée par M. Landolt a pour origine une légère déformation des appareils sous l'action de la chaleur dégagée par les réactions chimiques; une élévation de température de 20° à 40° suffit pour provoquer une petite augmentation de volume momentanée, à la suite de laquelle le verre ne revient à son volume primitif qu'en deux semaines environ; en fait, il s'agit là d'un cas particulier du problème bien connu des résidus d'élasticité. Par exemple, pour un appareil en verre de Thuringe de 234 centimètres carrés environ de surface, l'augmentation de volume, à la suite d'une élévation de tempé-

[1] *Annalen der Physik*, n° 6, 1908.
[2] *Sitzungsberichte d. k. Pr. Akad. d. Wissenschaften*, 1908, XVI, 354.
[3] *J. Chim. phys.*, t. IV, p. 184.

Digitized by Google

rature de 40°, déterminée par des pesées hydrostatiques, était de :

Après 1 jour	+ 0,026 cm³
3 jours	+ 0,018
4 —	+ 0,009
7 —	+ 0,012
10 —	+ 0,007
12 —	+ 0,002
14 —	+ 0,007
18 —	— 0,003
22 —	+ 0,001
31 —	— 0,004
33 —	+ 0,002
39 —	+ 0,001

L'appareil avait donc repris son volume primitif en deux semaines. Au début, la différence de poussée de l'air représentait — 0,034 milligramme sur la pesée de l'appareil dans l'air.

Sans autres considérations, on voit que ces deux causes d'erreur agissent l'une et l'autre dans le sens des résultats que nous avons résumés plus haut : une perte apparente de poids dans les réactions chimiques.

Ces faits établis, M. Landolt a répété un certain nombre de ses expériences anciennes plus ou moins modifiées, déterminé les éléments de correction de ces dernières lorsque les données le permettaient et examiné les nouvelles conséquences de ces résultats rectifiés. Sur quarante-huit déterminations relatives à quinze transformations chimiques étudiées avec toutes les corrections que l'on puisse imaginer, il en trouve vingt-cinq accusant une augmentation de poids et vingt-trois une diminution de poids; il y a donc 53 °/₀ d'écarts positifs et 47 °/₀ d'écarts négatifs. Les écarts oscillent en valeur absolue entre ± 0,001 milligramme et ± 0,030 milligramme comme limites extrêmes; la discussion des causes d'erreurs indique que la méthode ne comporte pas une précision supérieure à ± 0,030 milligramme. L'auteur en conclut que, *dans la limite de précision de ses expériences, il n'y a certainement pas de variation de poids appréciable au cours des réactions chimiques qu'il a étudiées.*

Les quantités de substances sur lesquelles il a opéré atteignant ou dépassant souvent même 300 grammes au total, il en résulte que, *dans les conditions les plus rigoureuses où elle ait été vérifiée aujourd'hui, la loi de Lavoisier est exacte à ± 1/10.000.000 près environ.*

On tirera sans doute de ces expériences d'autres enseignements importants, concernant en particulier les déterminations de poids atomiques et les transformations des corps radio-actifs; peut-être aussi sur la nature de l'électricité, attendu que, dans plusieurs de ses dernières expériences, M. Landolt a électrolysé plusieurs systèmes chimiques par le courant alternatif dans les appareils scellés à la lampe et munis intérieurement d'électrodes; dans ces conditions, il n'a pu non plus constater aucune variation de poids. Ces points seront sans doute traités dans le Mémoire détaillé annoncé par l'auteur. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

S'il convient, pour conclure, de reconnaître une fois de plus ce que la Chimie doit à l'immortel génie de Lavoisier, on ne peut non plus ménager sa vive admiration pour les belles expériences que nous venons de résumer, ainsi que pour la méthode, la conscience et la patience remarquables avec lesquelles elles ont été menées à bien. **P. G.**

§ 5. — Géographie et Colonisation

L'Exposition de Géographie coloniale. — Du 1er au 30 juin 1908, s'est tenue à Paris, dans la galerie d'Orléans du Palais-Royal, une exposition de Géographie coloniale organisée par les soins de l'Office colonial.

Sur deux grands planisphères disposés aux extrémités de la galerie, on a figuré en teinte rouge le domaine colonial de la France en 1870 et en 1908 : là quelques rares points disséminés sur la surface du globe, ici des portions de continents.

Le long des murs, sur des socles, se dressent les bustes de quelques « coloniaux » illustres ou éminents : ceux de Richelieu, de Colbert et de Dupleix rappellent les entreprises d'outre-mer de la monarchie française; ceux de Francis Garnier, du commandant Rivière, de l'amiral Courbet et de Paul Bert, la conquête et l'administration de l'Indo-Chine; celui de Bugeaud la conquête de l'Algérie; ceux du colonel Flatters, de Paul Crampel et du colonel Bonnier, les expéditions africaines du dernier quart du XIXe siècle; celui du cardinal Lavigerie, enfin, la lutte contre la traite des esclaves.

L'Administration des colonies a exposé ses publications officielles, la Société de Géographie et la Société de Géographie commerciale leurs *Bulletins* respectifs; les éditeurs, qui ont la spécialité des questions géographiques ont présenté des livres, des atlas et des cartes; les fabricants d'instruments de précision, les appareils employés par les géodésiens.

Mais cette exposition tire son intérêt principal des cartes qui couvrent les vitrines de la galerie, sur tout son pourtour. Elles ont des origines diverses.

Les cartes hydrographiques du delta du Tonkin, des mers de Chine, de la Martinique, de la Guadeloupe, du canal de Mozambique, de la baie de Diégo-Suarez, donnent un spécimen de l'immense travail auquel se livre patiemment le corps des ingénieurs hydrographes de la Marine : la reconnaissance des mers du Globe.

Le Service géographique de l'Armée n'est représenté, ce qui est un peu maigre pour un Service aussi important, que par quelques feuilles de la carte de Tunisie au 50.000e.

La majorité des cartes exposées émane du Service géographique du Ministère des Colonies. Ce Service fut constitué en 1895, sous l'administration de M. Chautemps. M. Camille Guy, aujourd'hui gouverneur de la Réunion, en fut le premier chef. L'idée était bonne de tirer parti des documents géographiques multiples qui se concentrent nécessairement dans un Ministère des Colonies, de ne pas les celer jalousement, comme fit, par exemple, le Gouvernement Portugais, qui pendant des siècles enfouit dans l'obscurité de ses Archives les résultats des découvertes accomplies par ses fonctionnaires en Afrique et en Amérique.

Le Service géographique des Colonies présente, par exemple, une carte de Madagascar au 1.500.000e, dressée en 1902 sous la direction de M. Emile Gautier; une carte du Tonkin et du Haut Laos, au 500.000e, dressée en 1902 par le commandant Friquegnon; des cartes de la Guinée française, de la Côte d'Ivoire, du Dahomey au 500.000e, dressées par M. A. Meunier; une carte du Congo français au 3.000.000e, dressée par M. Emm. Barralier.

Certaines colonies ont éprouvé la nécessité, à mesure qu'elles se développaient, de créer des Services géographiques particuliers. Quelques spécimens de leurs travaux figurent ici. L'Algérie expose des cartes représentant le développement de ses travaux publics, de la colonisation officielle, de la culture de l'olivier, de l'assistance publique, deux cartes comparatives et fort instructives de la Mitidja en 1830 et en 1903, une carte du Sahara algérien en 1906.

La Direction générale des Travaux publics de la Tunisie expose une carte routière de la Tunisie en 1905; le Service géographique de l'Afrique occidentale française, une carte du Sénégal au 100.000e; celui de l'Indo-Chine, une carte de l'Indo-Chine au 3.000.000e et des feuilles de la carte au 50.000e.

Enfin quelques cartes exposées sont l'œuvre de géographes sans attache officielle, celle de la Guyane, dressée par M. Maurice Guffroy, par exemple.

Cette Exposition donne donc une certaine idée, qui aurait pu avoir encore plus d'ampleur, des travaux géographiques dont nos colonies sont l'objet. Elle

Digitized by Google

prouve d'une manière concrète que la connaissance de plus en plus précise de la surface du Globe ne constitue pas l'un des moindres résultats de l'expansion coloniale.

Henri Dehérain,
Docteur ès lettres,
Sous-bibliothécaire de l'Institut.

§ 6. — Enseignement

Groupement des Universités et Grandes Ecoles de France pour les rapports avec l'Amérique latine. — Des liens variés, une sorte de parenté intellectuelle, résultat d'une même orientation de la culture de l'esprit, des aspirations communes, des intérêts commerciaux unissent depuis longtemps la France à l'Amérique latine. Jusqu'ici, néanmoins, aucun effort collectif n'avait été tenté chez nous en vue de développer systématiquement, avec cette sympathie, les relations scientifiques, artistiques et littéraires entre les différentes nations latines du Nouveau Monde et notre pays.

Tandis que l'Allemagne manifestait son activité dans ces régions par la propagation de livres d'instruction et d'éducation, qu'elle envoyait ses professeurs dans les Universités du Brésil et de la République Argentine, qu'elle accueillait chez elle les étudiants américains; tandis que les Etats-Unis s'intéressaient à l'enseignement primaire de l'Amérique du Sud et du Mexique et lui fournissaient matériel et programmes, la France s'en remettait aux vieilles traditions pour assurer l'avenir. Ne prenant suffisamment cure d'entretenir au delà de l'Atlantique sa langue, sa littérature, les découvertes de ses savants, non plus que les méthodes de sa pédagogie, négligeant aussi de s'enquérir d'une façon suivie du mouvement des esprits chez les nations amies de l'Amérique du Sud, elle risquait de voir décliner chez ces nations le prestige de sa science et de ses arts.

C'est pourquoi l'attention d'un certain nombre de personnalités du monde universitaire s'est récemment portée sur l'utilité de créer des rapports permanents et directs entre les milieux intellectuels français et les milieux intellectuels des différents pays de l'Amérique latine. Mettre et maintenir nos Etablissements d'enseignement supérieur en relation constante avec les Universités et Grandes Ecoles des Etats latins d'Amérique; permettre aux professeurs de ces deux groupes d'instituts de se connaître et de se communiquer rapidement leurs travaux; répandre parmi nous, à mesure qu'elles se produisent, les découvertes, les inventions et, dans tous les ordres de l'intellectualité, les grandes œuvres, les entreprises collectives ou les tendances individuelles des professeurs, des savants et des lettrés de l'Amérique latine; diffuser chez nous leurs livres et leurs mémoires; tenir la littérature scientifique française au courant de leurs recherches et de leurs conquêtes aussi bien en science pure que dans le vaste domaine de l'application ; par réciprocité, les aider à profiter de ce qui se fait chez nous, à répandre dans leurs laboratoires et dans leurs écrits nos disciplines, l'esprit de nos investigations, nos techniques propres et les acquisitions qui en découlent; c'est là une entreprise dont la nécessité paraîtra aujourd'hui évidente à tous ceux qui, par goût ou par profession, ont été amenés à observer: d'une part, le magnifique essor du savoir chez la plupart des nations latines d'Amérique depuis une vingtaine d'années; d'autre part, l'effort intense de pénétration intellectuelle que, sur le territoire de ces Etats, ne cessent de déployer — à notre prochain détriment, si nous n'y prenons garde — les Etats-Unis et l'Allemagne.

Un *Groupement des Universités et Grandes Ecoles de France* pour les rapports entre l'Amérique latine et notre pays est aujourd'hui créé. Ce groupement a pris la forme de l'*Association* et, en conséquence, s'est constitué conformément à la loi du 1er juillet 1901. Il comprend un Conseil et un Comité de Direction assisté de Commissions consultatives.

Constitué sous la Présidence de M. Liard, Vice-Recteur de l'Université de Paris, et la Vice-Présidence de MM. E. Levasseur, Membre de l'Institut, Administrateur du Collège de France, et P. Appell, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, le Conseil de l'Association se compose de personnalités qui y représentent, dans l'ordre de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique, des institutions et des compétences diverses. Il procède du groupement du plus grand nombre possible d'organismes : Universités, Facultés, Instituts, Ecoles, Sociétés savantes, Périodiques. Il nous suffira de citer parmi ses membres: MM. Baillaud, Buisson, Buquet, Alfred Croiset, Gabelle, Gautier, Guignard, Hamy, Homolle, Landouzy, Lavisse, A. Leroy-Beaulieu, Ch. Lyon-Caen, Painlevé, Perrier, Regnard, Charles Richet, Roux, G. Séailles, etc., etc. Mais, si un tel groupement réalise l'association d'efforts qui est nécessaire, il comporte comme représentants la réunion de personnalités auxquelles les exigences professionnelles laissent souvent peu de loisirs. De cette constatation est née la création d'un Comité de Direction plus continument actif. Ce Comité de Direction, choisi parmi les membres du Conseil de l'Association, a pour Président M. Appell. Ses membres sont :

MM. Emile Bourgeois, Professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Paris ;
Ferdinand Larnaude, Professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Paris ;
Alfred Le Chatelier, Professeur au Collège de France;
Louis Olivier, Directeur de la *Revue générale des Sciences*;
André Pelletan, Sous-Directeur de l'Ecole des Mines;
Lucien Poincaré, Inspecteur général de l'Instruction publique.

Les Commissions consultatives sont chargées d'apporter au Comité, sur chaque question, l'appui de leur compétence spéciale. Une Commission des fonds et une Commission de Contrôle complètent l'organisme administratif.

Le *Groupement des Universités et Grandes Ecoles de France pour les rapports avec l'Amérique latine* comprend à titre de membres adhérents toutes les personnes qui veulent bien lui apporter leur concours et verser une cotisation annuelle de cinq francs au moins. Il comprend, en outre, à titre de membres bienfaiteurs, les personnes qui versent une cotisation annuelle de cinquante francs au moins, et, à titre de membres collectifs, les institutions de tous ordres (Ecoles, Facultés, Sociétés savantes, Périodiques, etc.) qui veulent bien collaborer à l'œuvre.

Le siège social du Groupement, où doivent être envoyées les adhésions, est au Secrétariat de la Faculté des Sciences, à la Sorbonne.

La *Revue générale des Sciences* considère comme un devoir d'annoncer à ses lecteurs la fondation de la nouvelle Association. Elle espère qu'ils voudront bien apporter le concours de leur adhésion à une œuvre dont l'intérêt, à la fois scientifique et national, ne leur échappera pas.

Digitized by Google

PHYSICO-CHIMIE ET BIOLOGIE[1]

Le problème de la synthèse de l'être vivant élémentaire n'est pas posé sur des bases théoriques définitives. Le côté morphologique de la question a absorbé jusqu'ici et absorbe encore toutes les attentions; et pourtant toutes les recherches poursuivies en ce sens ont été impuissantes à fournir les éléments d'une solution. On ne s'est pas porté franchement — ainsi qu'il fallait le faire — du côté physico-chimique. Serait-ce parce que l'on a senti que la Physico-Chimie, telle qu'elle est constituée actuellement, est également impuissante à fournir cette solution et qu'il serait nécessaire de la transformer elle-même au préalable, tout au moins en ce qui concerne son extension à l'étude des phénomènes de l'être vivant?

Nous l'avons pensé depuis longtemps. Le présent article a pour but d'exposer quelques considérations nouvelles, sans toutefois en développer les détails et sans avoir la prétention d'aborder la critique des théories physico-chimiques actuelles. Ces vues peuvent être présentées comme dérivant d'une généralisation théorique de résultats expérimentaux obtenus notamment par MM. Myers, Dixon, Baker et Lebeau. Cette généralisation nous permettra de formuler les principes généraux qui définissent dans leurs grandes lignes *la Physico-Chimie absolue*, c'est-à-dire tout ce qui se rapporte aux opérations réactionnelles limitées s'effectuant entre composants absolument purs, et *la Physico-Chimie thermo-catalytique*, c'est-à-dire ce qui se rapporte à l'évolution vers l'organisation que provoque, dans ces opérations réactionnelles, la présence de corps plus on moins étrangers.

I

Myers a remarqué que le carbone ne brûle pas dans l'oxygène sec; Dixon a montré que le mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène desséché sur l'anhydride phosphorique perd son inflammabilité; et Baker a ajouté toute une série de faits analogues, de réactions les plus diverses, prises dans toutes les parties de la Chimie, accélérées ou rendues possibles par des traces d'humidité. En particulier, pour ce qui concerne le mélange tonnant, oxygène et hydrogène, Baker et Lebeau ont fait voir que ce mélange gazeux, quand il est *entièrement sec*, effectue sa combinaison à une température très supérieure à celle qui avait été considérée précédemment comme étant la température d'inflammation, puisqu'elle approche du point de fusion du platine.

L'interprétation de ces faits, rapprochée des conclusions de nos études antérieures et tout particulièrement de nos vues sur la continuité qu'il est indispensable de réaliser pour obtenir l'accomplissement normal des réactions physico-chimiques et permettre de les étudier au point de vue énergétique, conduit à admettre et à ériger en principe les propositions suivantes :

1° Si les mélanges gazeux, tels que ceux que nous venons de citer, sont *absolument purs*, c'est-à-dire chimiquement et physiquement purs, ils n'effectuent leur combinaison qu'à la température de dissociation du composé sous la pression considérée;

2° L'application de ce principe doit être étendue à toutes les combinaisons de la Chimie, en admettant qu'entre composants « absolument purs », la température de combinaison et la température de dissociation ne sont rigoureusement qu'une seule et même température, que nous avons appelée la température *vraie*[1];

3° Il existerait ainsi, pour une pression donnée, une température « vraie » de dissociation ou de

[1] M. E. Solvay a été l'un des premiers à préconiser et à défendre l'introduction de la Chimie physique dans les recherches physiologiques. L'expérience lui a déjà donné en grande partie raison, si l'on en juge par les travaux nombreux, publiés dans ces dernières années, dans lesquels on aborde par des méthodes physico-chimiques l'étude d'un grand nombre de problèmes physiologiques.

M. Solvay pense que l'on peut aller plus loin et considérer le phénomène vital lui-même comme étant d'ordre exclusivement physico-chimique, ou, ce qui est peut-être plus exact, concevoir certains types de réactions chimiques (auxquelles il donne le nom de *réactions selforganisées*), comme offrant tous les caractères apparents du phénomène vital.

Bien qu'il ne s'agisse point là d'une conception rentrant dans les cadres de la science classique, il nous a paru intéressant de mettre sous les yeux de nos lecteurs les idées de l'auteur, exposées par lui-même. M. Solvay cherche, en particulier, à établir que l'on peut rattacher à la Physico-Chimie non seulement le phénomène vital, dans son essence, mais encore les manifestations que nous avons l'habitude de regarder comme d'ordre biologique, tels, en particulier, la spécificité des individus et le fait même de l'évolution. La science romantique d'aujourd'hui peut devenir la science officielle de demain, ou, tout au moins, contribuer de quelque manière à la faire éclore; et peu importe, après tout, que la théorie revête ou non le costume à la mode, si certaines des idées qu'elle abrite semblent appelées à vivre. (Note de la Direction.)

[1] « ... la température *vraie* de dissociation qui, selon nous, est celle à laquelle aboutit nécessairement toujours la réaction dans le cas envisagé si les causes de refroidissement ne sont pas trop importantes. » *Considérations sur l'Energétique des organismes au point de vue de la définition, de la genèse et de l'évolution de l'être vivant.* (*Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay. Physiologie*, t. IV, fasc. 3, 1901, p. 5.)

Digitized by Google

combinaison, de même qu'il existe une température « vraie » de vaporisation (celle de l'ébullition) ou de condensation, et une température « vraie » de fusion ou de solidification des corps, températures qui sont suffisantes et nécessaires à l'accomplissement total du phénomène, en même temps qu'elles sont les températures maxima que le phénomène puisse régulièrement atteindre sous la pression considérée;

4° S'il existe néanmoins des tensions ou *commencements* de dissociation et de combinaison, comme il existe des tensions ou « commencements » de vaporisation et de liquéfaction, et aussi des « commencements » de fusion et de solidification, en dessous des températures « vraies » correspondant à ces divers phénomènes, il faudrait admettre que le fait serait dû à la présence de corps étrangers auxquels nous avons donné le nom de *thermo-catalyseurs*, parce que nous considérons que leur rôle *essentiel* est de faire baisser la température « vraie »; mais, si les températures « vraies » de dissociation ou de combinaison, de vaporisation ou de liquéfaction, de fusion ou de solidification, peuvent ainsi être abaissées par les thermo-catalyseurs, elles ne pourraient jamais être surélevées par leur fait et, par conséquent, il n'existerait pas de corps anti-thermo-catalyseurs;

5° La thermo-catalyse se présente, dans ces conditions, comme étant essentiellement déterminée par la *dégradation de l'énergie* qui tend à se produire dans la généralité des phénomènes : si l'on admet avec nous[1] que l'être vivant animal n'est qu'une simple oxydation de carbone thermo-catalysée au maximum, on voit qu'il offre l'exemple d'une dégradation poussée à l'extrême, puisque la température d'oxydation du carbone s'y abaisse de 3.000° peut-être, température supposée « vraie » de cette réaction, à 40° environ.

II

Les vues qui précèdent conduisent à admettre que la thermo-catalyse des réactions par des corps plus ou moins étrangers est nécessairement une fonction physique bien différente de la fonction cinétique que l'on attribue actuellement à la catalyse. Tout se passe comme si l'énergie qui serait *nécessairement* dégagée par la réaction si elle s'effectuait à température « vraie » — puisque toutes les réactions qui s'opèrent à cette température sont exothermiques[1] — apparaissait d'abord sous la forme électrique dans le phénomène, trouvait dans le catalyseur un conducteur lui permettant de s'écouler plus facilement, de s'écouler par *odogénèse*[2], et ne prenait la forme thermique qu'après s'être transformée, dégradée en circuit odogénétiquement fermé par le catalyseur même. A la dégradation ainsi opérée électriquement correspondrait exactement la dégradation thermique représentée par la chute de température par rapport à la température « vraie ».

Il est à remarquer que certains corps étrangers peuvent modifier le *champ fonctionnel* d'une réaction, en multipliant la surface d'action réciproque des corps à combiner par un étalement ou par une circulation qui rend le renouvellement de surface

[1] « Je pense d'ailleurs que le physico-chimisme, ainsi envisagé, mènera plus loin. Il nous dirigera vers l'unité des phénomènes de l'être vivant. Il nous incitera à ne plus considérer en ceux-ci qu'*une seule* réaction, fondamentale, organisatrice, constitutive, conservatrice : *l'oxydation du carbone*. Cette oxydation, se produisant en vertu des nécessités énergétiques propres aux matériaux eux-mêmes et qui apparaissent au contact, constitue bien, en raison même de son exo-thermicité, une « self-réaction » dont on conçoit alors la *tendance* à l'accroissement et au perfectionnement ultérieurs.

La réduction de l'acide carbonique qui s'opère chez les végétaux n'a pas ce caractère. Elle s'effectue, au contraire, aux dépens d'une énergie extérieure et n'est qu'une réaction étrangère — une sorte d'épiphénomène — greffée sur la réaction organique principale : l'oxydation, qui peut être exclusive chez l'être vivant, tandis que la réduction de l'acide carbonique ne l'est jamais.

Les matériaux autres que l'oxygène et le carbone, préalablement combinés ou non entre eux ou avec ces derniers, englobés dans l'organisation fonctionnelle des êtres vivants, n'y seraient que pour faciliter et développer cette self-réaction fondamentale : *l'oxydation vivante*, et, avant tout, produire les conditions exceptionnelles de la basse température à laquelle elle s'opère. Ce sont des matériaux subalternes; ils agissent comme *thermo-catalyseurs*, c'est-à-dire que les opérations chimiques, les associations définitives ou temporaires, qui s'opèrent à leur intervention, ont un but purement physique : abaisser la température d'oxydation du carbone; ils jouent ainsi le rôle d'agents ou courtiers intervenant méthodiquement, hiérarchiquement, pour préparer et effectuer les échanges énergétiques qui sont indispensables à l'accomplissement de cette réaction principale, réaction mère, pourrait-on dire, et, en fin de compte, à l'extériorisation de l'énergie qu'elle dégage. En demeurant dans cette vue unitaire, l'hydrogène et l'azote peuvent être considérés comme puisant dans le milieu alimentaire même la quantité d'oxygène qui leur est nécessaire pour se saturer comme ils le sont à la sortie de la self-réaction, l'oxygène extérieur se portant exclusivement, mais non directement, sur une quantité de carbone envisagée comme isolée de tout autre élément. » (Préface du livre de R. Petrucci : *Essai sur une théorie de la vie*. Paris, G. Steinheil, 1908.)

Voir aussi : *Organisation et self-organisation de la réaction chimique* (*Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay. Physiologie*, 1906.)

[1] Les réactions chimiques s'effectuant entre composants rigoureusement purs et s'opérant à la température « vraie » correspondante seraient toutes exothermiques, l'exothermicité devenant leur raison d'être *absolue*, c'est-à-dire l'affinité même; quant à l'endothermicité éventuelle des *composés*, elle n'apparaîtrait qu'en cas d'abaissement subséquent et suffisant de leur température et d'accroissement suffisant de la valeur relative de leur chaleur spécifique par rapport aux chaleurs spécifiques des constituants. » *Organisation et self-organisation de la réaction chimique*, p. 4.

[2] « *Odogenèse*, création d'une voie, de ὁδός et γένεσις. » *Du rôle de l'électricité dans les phénomènes de la vie animale*, p. 33, 1893. Bruxelles. Hayez.

Digitized by Google

plus facile, intervention plutôt physico-mécanique qui conduit à une suractivité réactionnelle, mais obtenue sans qu'il y ait odogénèse; ces corps, bien qu'on leur ait attribué jusqu'ici — à tort selon nous — un rôle catalytique parce qu'ils accroissent la vitesse réactionnelle, n'ont rien à voir avec la catalyse telle que nous l'interprétons, et il importe de ne pas les confondre avec les thermo-catalyseurs, qu'il conviendrait mieux, au surplus, de désigner sous le nom de *dégradateurs* pour caractériser plus précisément leur rôle énergétique essentiel[1].

Observons aussi que des corps *purement inertes*, jouant simplement le rôle passif d'*agents thermostatiques*, peuvent être mêlés de manière permanente ou passagère à la réaction et y enlever, par ce seul fait, de la chaleur : ici encore, malgré l'abaissement de température, il n'y a pas odogénèse et il importe également de ne pas confondre ces corps avec les thermo-catalyseurs, bien que la masse de ceux-ci ait toujours une action thermostatique[2].

La double conception d'une *Physico-Chimie absolue*, se rapportant exclusivement aux actions réactionnelles qui s'opèrent à température « vraie », et d'une *Physico-Chimie thermo-catalytique*, se rapportant aux actions réactionnelles absolues modifiées par thermo-catalyse, résulte nécessairement des considérations qui précèdent.

Alors que toutes les réactions, en Physico-Chimie absolue, doivent être rigoureusement réversibles, — puisque à température « vraie », en effet, il y aurait combinaison, solidification, liquéfaction quand on soutirerait de la chaleur, et dissociation, fusion, vaporisation équivalentes quand on en apporterait, — cette réversibilité n'existerait pas *nécessairement* en Physico-Chimie thermo-catalytique; notamment, en effet, la réversibilité est impossible, en Chimie thermo-catalytique, dans les cas plus particuliers à la Chimie organique où la thermo-catalyse est concomitante d'un accroissement de complexité du milieu tel que la stabilité des combinaisons, à la pression considérée, est inconciliable avec une élévation de la température.

Le principe même de la thermo-catalyse, dérivant de celui de la dégradation de l'énergie, mène à admettre que les corps qui jouent le rôle de thermo-catalyseurs, de dégradateurs, ne sont pas *nécessairement* des corps étrangers à la réaction, ni des corps y existant en minime quantité, comme on le considère dans la catalyse courante : ainsi, dans un ensemble réactionnel, les composants d'une première combinaison réalisée ou cette combinaison elle-même peuvent, en dehors de leur action thermo-statique, jouer le rôle de thermo-catalyseurs vis-à-vis d'une autre combinaison dans laquelle ils entrent et qui s'effectue plus tard ou simultanément, et ainsi de suite.

On conçoit même que, de combinaison en combinaison, de dégradation en dégradation d'énergie, on puisse vraisemblablement en arriver ainsi à constituer synthétiquement, à températures « vraies » successives, par l'intervention de composants « absolument purs » jouant le rôle auto-thermo-catalytique, *auto-dégradateur*, que nous venons d'indiquer, des composés chimiques, aussi bien organiques qu'inorganiques, — si tant est qu'il y ait lieu de conserver ici cette distinction — eux-mêmes « absolument purs » et susceptibles, dès lors, d'une entière réversibilité dissociatrice, à la condition expresse d'opérer à la pression correspondant à chaque cas.

Les métaux qui forment entre eux des alliages, les liquides qui composent un mélange, etc., si on les suppose « absolument purs », jouent aussi le rôle d'auto-dégradateurs, simples ou composés[1], en ce qui concerne leur fusion, leur vaporisation, etc., en déterminant un abaissement de la température « vraie » de ces phénomènes.

III

Il paraît évident qu'on eût pu aborder l'étude de la catalyse autrement qu'on ne l'a fait; car, connaissant la vitesse d'*une réaction* non catalysée, si l'on s'était simplement proposé de maintenir cette vitesse constante après catalyse, on eût reconnu la nécessité qu'il y avait de provoquer, pour obtenir ce résultat, un abaissement de la température à volume constant, et l'on eût été ainsi tout naturellement amené à constater, au delà de son apparence cinétique, le caractère nécessairement électro-thermo-dégradateur de la catalyse; de même, on eût vraisemblablement constaté que, pour *un composé*, un abaissement déterminé de la température a pour effet de supprimer l'odogénèse possible et d'empêcher, par conséquent, la décomposition par catalyse.

Les retards considérables qu'il est possible de réaliser dans l'accomplissement de phénomènes

[1] « ... le corps catalyseur (le meilleur) est, de tous les corps possibles, celui qui, pour une même quantité d'énergie considérée, donne lieu à la moindre résistance électrique au contact qu'il a nécessairement avec les éléments hétérogènes de la réaction chimique en jeu... » *Catalyse et Courts-Circuits appropriés.* (*Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay. Physiologie*, 1901, p. 15.)

[2] *Organisation et self-organisation de la réaction chimique*, p. 5.

[1] Exemples : étain, ou étain et bismuth, ou encore étain, bismuth et cadmium, vis-à-vis du plomb en ce qui concerne sa fusion; alcool, ou alcool et éther, vis-à-vis de l'eau en ce qui concerne sa vaporisation.

Digitized by Google

physico-chimiques, — par exemple dans celui de la vaporisation des liquides, — lorsqu'on opère, avec de particulières précautions expérimentales, sur des substances chimiquement et physiquement *très pures*, ne prouvent rien contre l'existence des températures « vraies » qui correspondent à ces phénomènes.

Il importe de remarquer, en effet, que, si l'on envisage les choses aux points de vue que suggère la Physico-Chimie absolue, il apparaît que les conditions dans lesquelles les réactions physico-chimiques s'effectuent couramment sont tout à fait *anormales* : une réaction physico-chimique est une *action*, qui, comme toute action, quelle qu'elle soit, est énergétique et, par conséquent, doit être nécessairement rapportée au temps; son accomplissement, dans des conditions *normales*, exclut donc l'intermittence et implique une *continuité* qui n'est pas réalisée habituellement; elle entraîne à considérer énergétiquement la notion de puissance et non celle de travail, ainsi qu'on le fait généralement.

Il s'ensuit donc que la réaction doit être dirigée, réglementée, *organisée*, pour devenir continue, si l'on veut qu'elle soit « normale », c'est-à-dire puisse *se reproduire indéfiniment identique à elle-même, en quantité déterminée pendant l'unité du temps.*

L' « organisation normale » des réactions physico-chimiques entraîne donc, en tout premier lieu, la nécessité d'instaurer : d'une part, un service continu d'entrée et de sortie des matériaux réactionnels; et, d'autre part, un service continu d'entrée ou de sortie de l'énergie mise en jeu; c'est l'absence de ces services continus d'entrée et de sortie qui *anormalise* habituellement les réactions. C'est aussi cette absence qui rend possible l'accomplissement d'un phénomène physico-chimique, comme l'ébullition, au-dessus de sa température « vraie »; la continuité, jouant ici un rôle analogue à celui des substances étrangères dégradatrices, rendrait impossible cette élévation anormale et accidentelle de la température.

En résumé, la continuité et la pureté, avec ou sans auto-dégradation, *absolueraient* les réactions physico-chimiques, tandis que l'intermittence, la thermo-catalyse et la thermo-stase, en élevant ou en abaissant la température réactionnelle par rapport à la température « vraie », les *désabsolueraient.*

La thermo-catalyse, par la chute de la température « vraie », c'est-à-dire par la dégradation qu'elle provoque, se présente comme étant essentiellement nécessaire pour permettre l'utilisabilité de l'énergie en Physico-Chimie à haute et instable édification moléculaire.

La dégradation considérable d'énergie qui correspond à la haute édification moléculaire qui doit permettre d'aboutir à la constitution du tissu de l'être vivant brûlant du carbone à 40° C. au lieu de 3.000° peut-être, ne pourrait s'obtenir par la thermo-catalyse composée appliquée à des réactions purement chimiques s'effectuant en proportions définies, car le nombre de *thermo-catalyseurs chimiques* indispensables pour atteindre cette dégradation considérable serait beaucoup trop limité; il est donc nécessaire, à cette fin, d'avoir recours, par surcroît, à des *thermo-catalyseurs colloïdaux*, fournis par le milieu extra-chimique que représente l'*état colloïdal* de la matière, milieu d'ailleurs très sensible aux *influences électro-statiques* qui accompagnent nécessairement la thermo-catalyse et qui trouvent ici expressément leur application.

IV

Le carbone, évolué dans ses multiples combinaisons successives jusqu'à la protéine, représenterait le milieu thermo-catalytique, à la fois chimique et colloïdal, apte à édifier ultérieurement la self-organisation élémentaire après avoir encore accru sa complexité jusqu'à l'extrême limite.

En effet, c'est seulement dans des conditions d'*ultime complexité* du milieu que la possibilité existerait, pour la réaction, d'organiser elle-même, élémentairement, ses services continus d'entrée et de sortie, c'est-à-dire de se self-organiser par *sélectrolyse*[1]. Un germe *dioxyasthénique*[2], pénétrant à

[1] «... la cellule, pourrait-on dire, soutire au milieu, par son affinité propre, que je nommerai *pouvoir sélectrolytique*, mais qui n'est que la résultante de l'état électrique préalable des éléments en action, les matériaux qui conviennent aux différents points de sa substance. La sortie d'un élément provoque nécessairement la rentrée d'un autre élément identique. Grâce à la continuité du roulement, chaque atome de la cellule passe successivement, toutes choses égales d'ailleurs, par les mêmes phases que celui qui l'a précédé, depuis l'instant de son admission dans la substance de la cellule jusqu'au moment où il s'en sépare. Avant de s'introduire dans la substance de la cellule, l'atome doit quitter la *combinaison virtuelle* dans laquelle il était engagé. C'est la disparition de l'atome qui le précède qui fournit précisément à celui qui le suit le taux d'énergie nécessaire pour opérer sa *sélectrolyse* ou sa libération de sa combinaison virtuelle. Il y aurait ainsi concordance, potentiellement parlant, entre ce qui manque à l'un pour quitter le milieu et entrer dans la substance cellulaire, et ce qui provient de l'autre lorsqu'il se libère de la combinaison dans laquelle il était engagé pour en contracter une plus puissante; et, en général, quantitativement parlant, il y aurait un certain excès disponible de ce dernier côté. Il résulte de là que les lieux d'accroissement, quelle que soit d'ailleurs leur topographie dans le protoplasme, sont toujours identiques à eux-mêmes tant en composition qu'en structure; et, comme les mêmes causes amènent les mêmes effets, la cellule entière doit se reproduire indéfiniment identique à elle-même si, de son côté, le milieu demeure constant et si la désassimilation est assurée. » *Du rôle de l'électricité dans les phénomènes de la vie animale*, p. 35.)

[2] « Il nous reste, pour terminer cet exposé, à parler de la cause de plus grande oxydabilité, que l'on pourrait nommer *dioxyasthénie* (c'est-à-dire : sans force contre l'oxygène);

Digitized by Google

un moment donné dans un tel milieu ultra-diversifié, provoquerait l'oxydation du carbone et, par suite, donnerait lieu au courant électrique qui, dorénavant, pendant l'action qui correspond à sa dégradation et grâce au rôle odogénétique des thermo-catalyseurs et à leur *appropriation spécifique* au courant lui-même, réaliserait sélectrolytiquement la self-organisation. L'organisme élémentaire engendré apparaîtrait donc ainsi, dans son édification et sa destruction continues sans cesse renouvelées, comme jouant automatiquement le rôle d'un *transformateur* effectuant la dégradation de l'énergie potentiellement renfermée dans les éléments de la réaction.

La complexité extrême signalée ci-dessus semble pouvoir être atteinte par des combinaisons englobant des éléments très différents, et il est vraisemblable d'admettre : *a*) que pour tout composé chimique, quel qu'il soit, il existe un être vivant élémentaire — pouvant d'ailleurs ou non se composer et réalisable dans des conditions de pression et de température déterminées — dans lequel ce composé chimique entre en quantité déterminée plus ou moins infime, soit comme facteur constituant, soit comme produit de réaction; *b*) qu'il en résulterait que le nombre d'êtres vivants possibles serait très grand, sinon incalculable; *c*) que tout agent thermo-catalytique serait, au fond, un agent de self-organisation, et que, plus il y a thermo-catalyse, abaissement de la température des réactions, dégradation d'énergie, plus il y a, en réalité, self-organisation; *d*) que tous les éléments chimiques autres que le carbone et l'oxygène se présentent ainsi comme subordonnés à ces derniers dans la Physico-Chimie self-organisatrice.

V

Si maintenant on compare les extrêmes généralisations qui précèdent, lesquelles ne sont que le développement de vues théoriques antérieurement exposées[1], aux résultats des derniers travaux sur l'analyse des protéines (albuminoïdes), et principalement aux conclusions de Kossel et de Fischer, on arrive à trouver, notamment dans ces dernières, une confirmation importante de nos premières interprétations.

En effet, si l'on considère les albuminoïdes, en allant des plus simples aux plus complexes, on se rend facilement compte du grand nombre de groupes atomiques qui servent à constituer la molécule de ces corps, la plupart de ces groupes s'y retrouvant d'ailleurs plusieurs fois. Il en résulte que ces corps constituent des chaînons d'une série très développée et représentant une véritable évolution.

L'analyse a conduit à préciser, dans les produits de dédoublement, les caractères signalés dans nos premiers aperçus comme propres à la réaction vivante. Elle a mis en lumière la nature colloïdale du noyau protamique et des protéines; elle a montré leur instabilité ainsi que leur faculté d'acquérir et de perdre des qualités déterminées; elle a montré également la tendance des corps albuminoïdes en général, et du noyau protamique en particulier, à capter des éléments organiques ou inorganiques, à former avec eux des combinaisons non ionisées, et à rejeter certains éléments ou groupes atomiques; et ces faits appuient tout particulièrement nos vues sur la « sélectrolyse » et le « roulement évolutif » qui caractérisent les réactions organisées.

Le noyau protamique — *proto-être vivant* — apparaît bien comme existant à l'origine de l'édification qui conduit à l'*oxydation vivante élémentaire*, par le fait qu'il réalise toutes les conditions propres pour s'organiser en molécules plus complexes et entraîner, suivant la nature du milieu, sa richesse et sa diversité en éléments biogéniques, à une *différenciation* pouvant mener la réaction aux formes individuelles les plus diverses et donner lieu aux différentes lignées de l'évolution des êtres vivants.

On voit donc que les résultats les plus récents des recherches expérimentales tendent à justifier et à légitimer les conceptions théoriques que, depuis 1893, nous nous sommes efforcé d'exprimer et de préciser.

Ernest Solvay.

cela nous permettra aussi de revenir à la question de l'odogénèse.

Cette cause m'apparaît dans cette circonstance que le roulement vital a pour conséquence nécessaire l'existence simultanée, dans une même cellule, de *matériaux nouveaux* et de *matériaux anciens*.

Ces derniers, en effet, exposés depuis plus longtemps que les premiers aux assauts répétés de l'oxydation, doivent présenter moins de stabilité; ils sont en quelque sorte préparés par leur âge et par les causes d'altération et de dislocation déjà subie par leurs molécules, à l'oxydation qui va les atteindre. Les parties jeunes, au contraire, pour des raisons inverses, survivent aux anciennes; ce sont elles qui fournissent les matériaux odogéniques et les voies de conduction dont nous nous sommes occupé plus haut et qui doivent assurer la continuité du phénomène réactionnel. » *Du Rôle de l'électricité...*, p. 37 et 38.

[1] *Du rôle de l'électricité...*, p. 44 à 51; etc.

Digitized by Google

LES AÉROSTATS DIRIGEABLES

DEUXIÈME PARTIE : EXAMEN DES DIVERS TYPES DE DIRIGEABLES

Les principes de la direction des aérostats que nous avons exposés dans la première partie de cet article[1] sont aujourd'hui universellement admis; mais ils n'ont pas toujours été reconnus, ni même explicitement formulés.

Immédiatement après la découverte des ballons, on s'imagina que, le problème de la sustentation étant résolu, celui de la direction ne présentait aucune difficulté. On considérait, en effet, avec raison d'ailleurs, que le premier était le plus difficile et que le second ne serait qu'un jeu d'enfant. L'expérience de la locomotion aquatique paraissait, à vrai dire, confirmer cette manière de voir. Dès que le radeau le plus élémentaire fut constitué, il ne fut pas difficile à l'homme de le propulser à la surface des eaux tranquilles, et l'origine de la découverte de la direction sur l'eau se perd dans la nuit des temps comme celle de la sustentation à sa surface. Aussi, quelques mois à peine après l'expérience d'Annonay, vit-on des aérostats munis de rames, de voiles, et de toute espèce d'engins de propulsion dont la pratique démontra rapidement l'inefficacité absolue. La déception fut complète; au bout de quelques années à peine, il fut admis comme un axiome que la direction des ballons était une utopie. La caricature s'en mêla, et une estampe de la fin du XVIIIᵉ siècle représente un ballon captif attaché à la queue d'un cheval, avec cette légende : « Véritable moyen de diriger les aérostats ».

Cette opinion pessimiste eut force de loi pendant plus d'un siècle, et, au cours de cette longue période, il semble que la question n'ait pas fait un pas; il en est tout autrement dans la réalité.

Quelques esprits supérieurs, en très petit nombre, d'ailleurs, eurent le sens de la nature des difficultés du problème et en poursuivirent la réalisation par des moyens rationnels.

Ce n'est pas que l'on puisse trouver quelque part dans les œuvres de ces précurseurs une théorie exactement formulée de la navigation aérienne; on y chercherait en vain des explications nettes sur les « cercles abordables ». Mais il est certain que, sans l'avoir formulée explicitement, ces hommes en avaient parfaitement compris le sens et la portée, car les aérostats dirigeables dont ils ont conçu le projet ou qu'ils ont réalisés ne pouvaient avoir d'autre propriété que de se donner à eux-mêmes une vitesse propre supérieure, si possible, à celle de l'air ambiant. Il est donc bien certain que les auteurs de ces projets avaient saisi quelle était la condition nécessaire de la direction aérienne.

Pendant la période qui s'écoula de 1783 à 1884, au milieu des innombrables projets de navires aériens, tous plus absurdes les uns que les autres, il n'y a à retenir que cinq tentatives rationnelles.

I

La première en date est due au général Meusnier. C'était un esprit de premier ordre. Simple lieutenant du génie, il était, à l'âge de vingt-six ans, membre de l'Académie des Sciences. Il n'avait que trente et quelques années lorsqu'il fut tué au siège de Mayence, et il eut, néanmoins, le temps de se faire un nom comme géomètre. Ses travaux sur la navigation aérienne sont beaucoup moins connus. On trouve dans ses Mémoires une théorie complète des mouvements verticaux des aérostats ordinaires. Il a laissé également un projet d'aérostat dirigeable. Ce projet présente certaines particularités qui démontrent clairement que l'auteur s'était rendu un compte exact de la nature du problème à résoudre, et plusieurs des dispositions qu'il y préconise font partie aujourd'hui de celles dont tout le monde reconnaît la nécessité. Ceci est d'autant plus digne de remarque que ce projet fut conçu en 1784, c'est-à-dire l'année même qui suivit la découverte des ballons.

La figure 1 représente une vue du navire aérien. Il est, comme on le voit, de forme allongée, ce qui est déjà un point essentiel. Mais, ce que la figure ne montre pas et qui résulte clairement d'autres planches contenues dans le Mémoire original, c'est que Meusnier s'était préoccupé d'assurer la permanence de la forme; à cet effet, l'intérieur du ballon était partagé en deux parties : l'enveloppe extérieure, se présentant toujours bien gonflée, et à l'intérieur une poche à gaz qui pouvait, étant complètement pleine, occuper tout l'espace contenu dans la première enveloppe; mais, lorsque le volume du gaz venait à diminuer, on assurait la permanence de la forme en introduisant de l'air entre les deux enveloppes. C'était donc, en réalité, un ballonnet, si l'on entend par là l'existence d'une capacité séparée pour l'air.

Le ballon est entouré d'un système de lanières d'une forme compliquée, mais très rationnellement

[1] Voir la *Revue générale des Sciences* du 15 juin 1908, t. XIX, p. 426 et suivantes.

Digitized by Google

étudiée; on sent que, pour l'inventeur, les questions de courbure des lignes et des surfaces n'avaient aucun secret.

La nacelle est longue, ce qui est une chose excellente pour assurer sa liaison avec le ballon. On y remarque les soufflets destinés à envoyer de l'air dans ce que nous appellerions le ballonnet; à cette époque, les ventilateurs étaient à peu près inconnus. Ce qu'il y a de plus remarquable peut-être, ce sont les propulseurs, que Meusnier appelait des rames tournantes et qui sont de véritables hélices. C'est ainsi que l'hélice propulsive apparaît pour la première fois en navigation aérienne, longtemps avant qu'on eût songé à l'appliquer à la navigation aquatique. Celà ne diminue en rien, d'ailleurs, le mérite de Sauvage qui, comme presque tout le monde, ignorait les travaux de Meusnier.

Celui-ci avait poussé dans tous ses détails l'étude de son projet, y compris les fermes du hangar immense qui devait l'abriter. Ce projet ne fut, du reste, jamais exécuté; c'eût été à peu près impossible dans l'état que présentait l'industrie il y a cent vingt ans. De plus, ses dimensions étaient énormes; il devait avoir 200.000 mètres cubes : un semblable aérostat eût été d'une construction et d'un maniement impraticables. Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que l'auteur avait admirablement posé la question, et indiqué quelques dispositions dont on ne devait plus s'écarter.

II

Il s'écoula plus d'un demi-siècle avant la deuxième tentative. Celle-ci fut réalisée, en 1852, par le célèbre ingénieur Henri Giffard, inventeur, entre autres choses, de l'injecteur qui porte son nom et qui exerça une si grande influence sur le développement pratique des chemins de fer. Giffard ignorait complètement les projets de Meusnier.

Fig. 1. — *Projet de dirigeable du général Meusnier.*

Son ballon (fig. 2) est allongé et mû par une hélice. De plus, cette hélice est actionnée par une machine à vapeur, ce qui était évidemment impossible du temps de Meusnier. Il n'y a pas de ballonnet, ce qui est un grave défaut. Un grand nombre de dispositions de détail sont à critiquer; néanmoins, il faut rendre hommage à cet inventeur qui, le premier, réalisa un aérostat dirigeable rationnellement construit, qui eut la grande audace d'installer une machine à feu sous une masse d'hydrogène, qui sut prendre les précautions nécessaires pour éviter l'incendie, et qui eut le courage de s'embarquer dans son appareil, le premier de ce genre.

Digitized by Google

Au point de vue de la direction, il n'obtint pas de résultats appréciables; la force motrice dont il disposait était insuffisante; il n'a fait aucune mesure de vitesse propre, ce qui n'a rien de surprenant, étant donné qu'il était seul à son bord et qu'il devait être à la fois son aéronaute et son mécanicien. La deuxième ascension se termina par un accident grave; à la descente, le ballon, devenu flasque, éprouva des oscillations longitudinales, le gaz se porta naturellement vers le point le plus élevé, et, à un moment donné, l'axe fut tellement rapproché de la verticale que le ballon, s'échappant de son filet, s'éleva seul dans les airs et que tout le reste, filet, nacelle, moteur, aéronaute, tomba par terre. Heureusement, cet accident n'eut lieu qu'à quelques mètres du sol et l'inventeur put en sortir indemne.

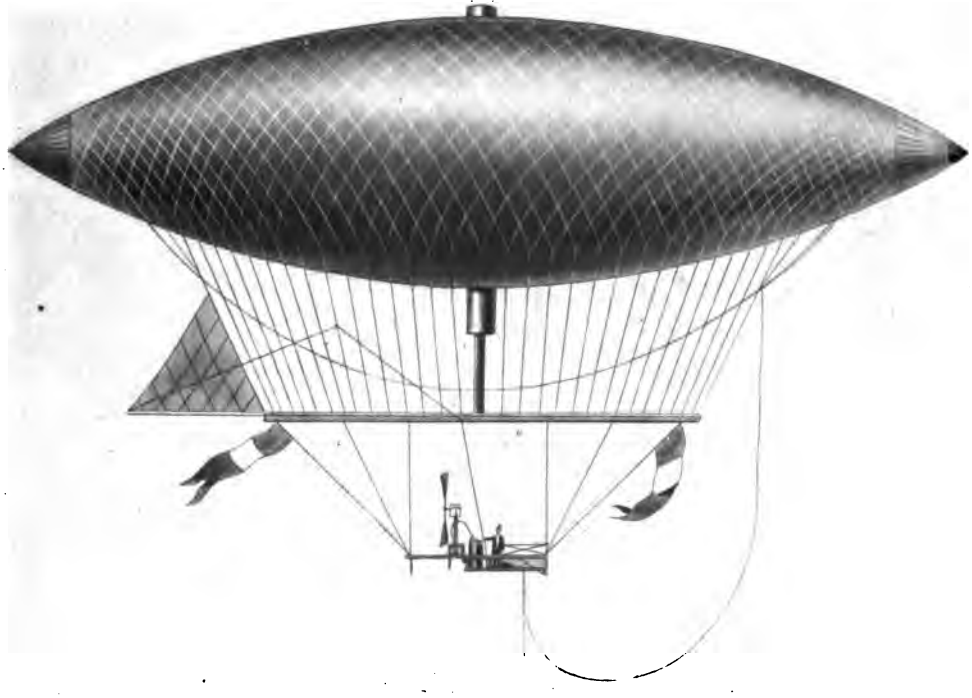


Fig. 2. — *Le dirigeable de Giffard.*

III

Les intervalles se rapprochent ensuite; il ne faut plus attendre que vingt années pour avoir à signaler un nouveau dirigeable. Celui-ci est dû à Dupuy de Lôme, l'éminent ingénieur des constructions navales à qui la France a dû ses premiers navires cuirassés.

Son aérostat (fig. 3), comme tous les autres, présente une forme allongée; mais il semble que Dupuy de Lome ait été très préoccupé des questions de stabilité longitudinale; son allongement est faible et la nacelle est placée très bas au-dessous du ballon, de manière à donner au couple redresseur un grand bras de levier.

La permanence de la forme est assurée au moyen d'un ballonnet. Mais ce ballonnet est d'une construction beaucoup plus simple que celui de Meusnier; il consiste simplement en une cloison d'étoffe, cousue sur son pourtour à l'étoffe du ballon et partageant ainsi la capacité en deux compartiments : le plus grand, supérieur, destiné au gaz, et le plus petit, inférieur, destiné à l'air. C'est la forme classique du ballonnet, représentée aux figures 13 et suivantes de la première partie. Cette disposition présentait sur celle de Meusnier deux avantages principaux : le premier, c'est d'être beaucoup plus économique au point de vue du poids, puisque, au lieu d'être obligé d'avoir pour la cloison une surface d'étoffe égale à celle du ballon, il suffit d'une surface beaucoup plus restreinte; en second lieu, l'air introduit est confiné dans une partie limitée du volume du ballon, ce qui favorise la stabilité.

En sa qualité d'ingénieur de la Marine, Dupuy de Lôme savait qu'au point de vue de la résistance à l'avancement les aspérités des carènes ont une

Digitized by Google

influence désastreuse. Je me rappelle encore l'avoir entendu dire, en ma présence, au capitaine Charles Renard : « Calculez avec tout le soin possible la forme d'une carène, et admettons qu'elle soit absolument irréprochable au point de vue de l'Hydrodynamique : une simple touffe d'herbes marines adhérant à la coque vous fera perdre tous vos avantages ». Il avait reconnu que, sous les influences hygrométriques ou autres, les filets qui recouvrent en général les ballons subissent des rétrécissements, et que, dans l'intervalle des mailles, l'étoffe du ballon fait des saillies, constituant ainsi une sorte de capitonnage ; les ficelles qui forment les mailles des filets, et leurs nœuds surtout, sont également des parties saillantes. Dupuy de Lôme résolut de supprimer toutes ces défectuosités; il remplaça le filet par une housse ou *chemise* en étoffe, se moulant exactement sur le ballon et ayant par conséquent une forme aussi régulière que possible.

Fig. 3. — *Le dirigeable de Dupuy de Lôme.*

Cette étoffe se terminait à sa partie inférieure par une ligne de *bâtonnets*, petits morceaux de bois d'une dizaine de centimètres de longueur, emprisonnés dans un ourlet solidement cousu. Au milieu de chacun de ces bâtonnets venait s'attacher une des nombreuses ficelles dont l'ensemble était destiné à porter la nacelle. Chacune de ces ficelles exerçait une traction de quelques kilogs, qui, grâce aux bâtonnets, se trouvait uniformément répartie sur la longueur d'étoffe correspondante de la chemise. Par un système de pattes-d'oie admirablement étudié, ces ficelles se réunissaient de manière à réduire le nombre des points d'attache d'abord à la moitié, puis au quart, puis au huitième, et enfin au seizième du nombre des bâtonnets. Cet ensemble de pattes-d'oie constituait une sorte de filet inférieur à la chemise et formant une nappe suspendue tout autour du ballon ; du bas de cette nappe partaient les suspentes allant à la nacelle.

Ces suspentes formaient un double réseau, l'un extérieur, l'autre intérieur, sorte de cône renversé aboutissant à un nœud central d'où partait un deuxième cône opposé au premier et aboutissant à la nacelle. Cet ensemble, auquel Dupuy de Lôme donna le nom de « balancine », constituait une suspension funiculaire croisée, assurant la liaison invariable du ballon et de la nacelle, ainsi que nous l'avons exposé dans la première partie.

La nacelle était de forme allongée, mais de construction très lourde.

Le moteur consistait en des hommes qui devaient appliquer leurs forces à un certain nombre de manivelles accouplées sur un arbre longitudinal, à l'extrémité postérieure duquel se trouvait une hélice. Cette hélice, lorsqu'on la voyait fixée à la nacelle et que celle-ci était isolée, avait des dimensions monstrueuses, mais elle était calculée en vue des dimensions du ballon et parfaitement proportionnée à celui-ci. Le gouvernail consistait en une voile triangulaire placée à l'arrière; il était fort défectueux, car il obéissait d'une manière très imparfaite à la volonté du pilote.

Cet aérostat présente des dispositions très remarquables; le ballonnet, la chemise, la suspension à balancine, les dimensions de l'hélice, sont des modèles dont il conviendra toujours de s'inspirer.

On peut se demander comment un ingénieur aussi éminent que Dupuy de Lôme avait pu construire un tel aérostat sans le munir d'aucune machine motrice; il s'exposait d'avance à un échec complet au point de vue de la vitesse propre. Les circonstances dans lesquelles la construction de cet appareil fut décidée expliquent parfaitement ce fait.

Digitized by Google

C'était en 1870-71, pendant le siège de Paris. La capitale investie n'avait guère d'autre moyen de communication avec la province que des ballons libres, mais ce moyen ne servait que dans un sens, pour sortir de Paris, non pour y rentrer. Dupuy de Lôme pensa qu'avec un aérostat doué d'une vitesse propre, même assez faible, il pourrait sortir de Paris dans une direction quelconque, et, une fois arrivé dans une région occupée par nos troupes, attendre que le vent soufflât à peu près dans la direction de la capitale. Il ferait alors une nouvelle ascension, et comptait, grâce à sa vitesse propre, s'écarter suffisamment de la direction du vent pour atterrir dans l'intérieur du Camp retranché. Ce plan prouve à lui seul que Dupuy de Lôme avait une idée parfaitement exacte du problème de la direction aérienne. Enfermé dans Paris avec des ressources fort limitées, il chercha à réaliser un appareil aussi simple que possible, et c'est pour cette raison qu'il résolut de ne pas employer d'autre moteur que la force humaine suffisante pour atteindre le but modeste qu'il se proposait.

Il ne put terminer sa construction en temps utile, et, par suite de circonstances diverses, ce ne fut qu'en 1872 que son aérostat put être essayé. Il partit de Vincennes par un vent très rapide (17 mètres par seconde); il était évident qu'il ne pouvait se dévier que très faiblement de la direction du vent: il le fit, mesura sa déviation, et conclut qu'il avait obtenu une vitesse propre d'environ 2 mètres par seconde.

Il publia au sujet de cet appareil un Mémoire très documenté, plein d'utiles renseignements; mais son expérience n'attira pas l'attention du public et l'intérêt qu'elle présenta ne fut pas du tout compris du monde savant; dans ce milieu spécial, on avait plutôt une tendance à déplorer qu'un homme aussi remarquable eût compromis la fin d'une belle carrière scientifique en s'occupant d'une question si peu digne de lui. C'était souverainement injuste, et l'on doit considérer Dupuy de Lôme comme l'un de ceux qui ont fait faire un grand pas vers la réalisation de la navigation aérienne.

IV

L'année suivante, en 1873, un ingénieur autrichien, Haenlein, construisit un ballon allongé (fig. 4) dont l'hélice était actionnée par un moteur à gaz. Ce moteur était alimenté par le gaz du ballon lui-même. Cette tentative audacieuse est très intéressante; malheureusement, cet aérostat ne fut jamais expérimenté. Il était gonflé au gaz d'éclairage, dont la force ascensionnelle était insuffisante pour l'enlever; l'inventeur ne put se procurer les capitaux nécessaires pour continuer ses recherches et pouvoir gonfler son ballon à l'hydrogène; l'entreprise n'eut, dès lors, aucune suite.

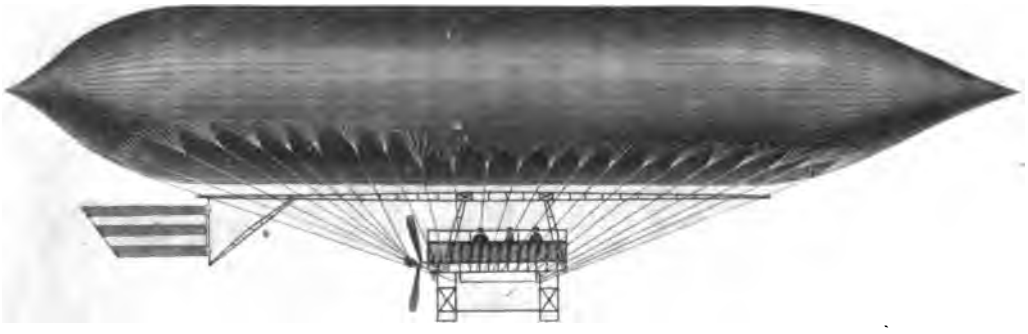


Fig. 4. — *Projet de dirigeable de Haenlein.*

V

Dix nouvelles années s'écoulèrent, et, en 1883, Gaston et Albert Tissandier construisirent un ballon dirigeable dont l'hélice était actionnée par un moteur électrique (fig. 5). L'énergie était fournie à la dynamo par une pile au bichromate de potasse. La puissance motrice était assez faible et un certain nombre de dispositions prêtaient à la critique, notamment la liaison insuffisante du ballon et de la nacelle; mais, par contre, tous

Digitized by Google

les détails de construction étaient très soignés.

Le ballon fit plusieurs ascensions en 1883 et 1884. Sa vitesse fut toujours inférieure à celle du vent régnant; elle put, néanmoins, être mesurée avec quelque exactitude et atteignit probablement 3 à 4 mètres par seconde. C'était, jusqu'alors, le meilleur résultat obtenu.

VI

Ainsi, pendant une période d'un siècle, il n'y a à retenir que cinq tentatives sérieuses de direction des aérostats. Si le public s'intéressa fort peu à ces essais, l'on ne doit pas oublier, dans l'histoire de la navigation aérienne, les noms de ces cinq précurseurs, qui eurent le mérite commun d'avoir envisagé la question sous son vrai jour et d'en avoir préparé la solution.

L'année 1884 devait clore cette phase préparatoire et démontrer à tous la possibilité de la direction des ballons.

Le 9 août, un aérostat allongé et dissymétrique, muni d'une longue nacelle, avec une grande hélice à l'avant et un gouvernail important à l'arrière, s'éleva au-dessus du parc de Chalais, se dirigea vers la ferme de Villacoublay, située à quelques kilomètres vers le Sud-Ouest, exécuta un large virage, et revint avec précision au-dessus de son point de départ. Là il exécuta quelques manœuvres de machine en avant et de machine en arrière, et parvint à se placer debout au vent; puis, modérant sa vitesse jusqu'à ce qu'elle fût égale à celle du courant aérien, se tint immobile sans avancer ni reculer. Il détermina alors sa descente par un coup de soupape et, suivant une ligne verticale, vint atterrir dans la pelouse même d'où il était parti. Il fut, à ce moment, rapidement saisi par les aérostiers de l'établissement et réintroduit dans son hangar. Cet aérostat était *La France* (fig. 6), construit par le capitaine Charles Renard avec la collaboration du lieutenant Krebs. Pour la première fois, un aérostat revenait à son point de départ par ses propres moyens, et il devait ce succès à un certain nombre de dispositions heureuses.

Fig. 5. — *Le dirigeable de Tissandier.*

A tous les prédécesseurs on avait emprunté la forme allongée; comme Meusnier et Dupuy de Lôme, on avait adopté un ballonnet à air construit suivant les principes de ce dernier. Toujours d'après Dupuy de Lôme, on avait substitué une chemise au filet, adopté les bâtonnets et la suspension funiculaire croisée, donné à l'hélice et au gouvernail de grandes dimensions; comme les frères Tissandier, on avait adopté un moteur électrique. Ce qui était nouveau, c'était la forme dissymétrique, le gros bout en avant, plus favorable à la stabilité de route et à la stabilité longitudinale, le cloisonnement du ballonnet en plusieurs compartiments, la grande longueur de la nacelle, qui avait permis de la rapprocher du ballon tout en les reliant l'un à l'autre très suffisamment. Ce rapprochement diminuait les résistances accessoires des cordages. Le gouvernail, pour la première fois, était rigide, et des précautions minutieuses avaient été prises pour éviter tout temps perdu dans sa manœuvre. Mais la particularité la plus importante consistait dans l'emploi d'un moteur de 9 chevaux, puissance très supérieure à celle dont on avait pu disposer jusque-là. Ce résultat était dû à la légèreté, exceptionnelle pour l'époque, du moteur électrique, qui ne pesait que 44 kilogs par cheval, soit en nombre rond 400 kilogs pour l'ensemble. Sur cet ensemble, la dynamo pesait environ 90 kilogs, et le reste était constitué par une pile chloro-chromique de l'invention du capitaine Charles Renard. Cette pile était, en 1884, et est encore actuellement le générateur d'électricité le plus puissant qui existe sous un poids donné.

L'expérience du 9 août fut renouvelée trois fois en 1884 et trois fois en 1885. Le capitaine Charles Renard prit part aux sept ascensions comme commandant du navire aérien. Pendant les quatre premières, il fut accompagné par le lieutenant Krebs, et pendant les trois de 1885 par celui qui écrit ces lignes. Au cours des deux dernières ascensions, ayant allégé diverses parties de l'appareil, nous pûmes emmener un troisième voyageur, Duté-Poitevin, aéronaute civil attaché à l'Etablissement

Digitized by Google

de Chalais. Pendant les premières ascensions, le capitaine Charles Renard, tout en donnant les ordres généraux, était spécialement chargé de la manœuvre horizontale; son compagnon devant s'occuper de la manœuvre verticale et d'assurer le fonctionnement de toutes les parties du mécanisme, il ne restait guère de facilité pour exécuter des mesures. Pendant les deux dernières ascensions de 1883, la manœuvre verticale fut confiée à Duté-Poitevin, et, tout en surveillant la marche du mécanisme, je pus disposer d'un temps suffisant pour repérer exactement la route suivie et en même temps exécuter des mesures de vitesse propre. Ces mesures furent faites au moyen d'un loch aérien, petit ballon en baudruche, gonflé partiellement d'hydrogène de manière à être en équilibre; ce ballon était attaché à un fil de soie d'une longueur de 100 mètres, et en observant le temps employé à dérouler ce fil, on pouvait en conclure la vitesse propre; des expériences avaient été faites à terre pour se rendre compte des erreurs possibles et les corriger, et c'est ainsi que fut mesurée la vitesse de $6^{m},50$ par seconde.

Les expériences de 1884-1885 eurent un grand retentissement et amenèrent un revirement complet de l'opinion publique. La navigation aérienne, considérée auparavant comme une utopie, fut dès lors admise comme une réalité. De plus, ses principes, jusqu'alors méconnus, furent adoptés désormais sans contestation par les personnes instruites.

On peut dire en toute vérité que l'année 1884 fut le début d'une ère nouvelle pour la navigation aérienne. Indépendamment de leurs conséquences d'ordre moral, les expériences de *La France* eurent des résultats scientifiques importants. Elles permirent, en effet, d'établir des formules grâce auxquelles on pouvait calculer la puissance motrice nécessaire pour obtenir une vitesse propre déterminée. Nous avons vu, dans la première partie de cette étude, que la résistance à l'avancement du navire aérien est de la forme : φSV^2, et le travail nécessaire, par unité de temps, pour obtenir une vitesse V, égal à : φSV^3.

Dans cette formule, la surface S de la maîtresse section est facile à calculer, mais le coefficient φ était absolument inconnu; les expériences de laboratoire ne pouvaient en donner qu'une idée assez vague; quant aux tentatives antérieures de navigation aérienne, les mesures qui avaient pu y être prises de la vitesse propre ne méritaient pas grande confiance, et l'espoir que le capitaine Charles Renard avait pu concevoir en se basant sur ces données fut loin d'être réalisé. Pour le ballon *La France*, au contraire, les mesures furent assez précises et dignes de confiance pour permettre d'établir les formules suivantes :

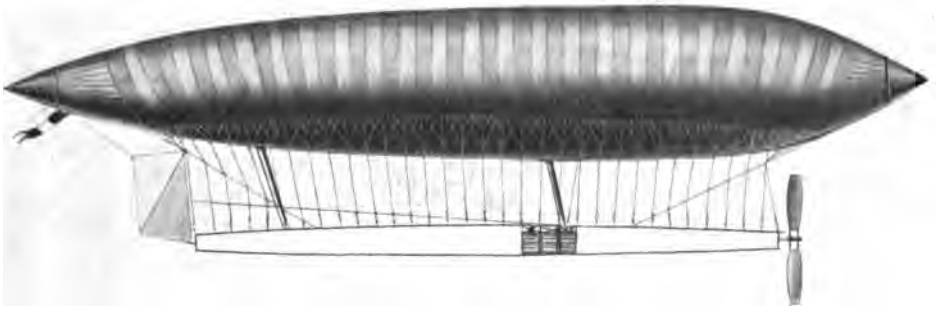


Fig. 6. — *Le dirigeable* La France.

Si l'on désigne par R la résistance de l'air au mouvement du ballon exprimée en kilogrammes, par V sa vitesse propre exprimée en mètres par seconde, θ le travail de traction exprimé en kilogrammètres ($\theta = R\,V$), T le travail sur l'arbre de l'hélice exprimé en kilogrammètres, D le diamètre du ballon au maître-couple, — pour un ballon type *La France*, on a :

$$R = 0{,}015\,D^2V^2\,;$$
$$\theta = 0{,}015\,D^2V^3\,;$$
$$T = 0{,}030\,D^2V^3.$$

Ces formules supposent que le travail de traction

Digitized by Google

directe est égal à la moitié du travail sur l'arbre de l'hélice, en d'autres termes, que le rendement de l'hélice est égal à un demi. Si ce rendement vient à être amélioré, le coefficient de la formule devra être modifié en raison inverse du rapport du rendement à un demi.

Si l'on applique ces formules à un ballon de 10 mètres de diamètre, on voit que, pour lui donner une vitesse déterminée, il faut disposer des puissances motrices indiquées dans le tableau suivant :

TABLEAU I. — *Puissances nécessaires pour donner diverses vitesses à un ballon de 10 mètres de diamètre.*

VITESSE en mètres par seconde	VITESSE en kilomètres à l'heure	TRAVAIL en kilogrammètres par seconde	TRAVAIL en chevaux	POIDS du cheval-vapeur
1	3.6	3	0,04	17.500
2	7,2	24	0,32	1.507
3	10,8	81	1,08	648
4	14,4	192	2,56	273
5	18,0	375	5,00	140
6	21,6	648	8,64	81
7	25,2	1.029	13,72	51
8	28,8	1.536	20,40	34
9	32,4	2.177	29,06	24
10	36,0	3.000	40,00	17,5
12	43,2	5.184	69,12	10,1
14	50,4	8.232	109,76	6,4
16	57,6	12.288	163,84	4,3
18	64,8	17.490	233,20	3,0
20	72,0	24.000	320,00	2,2
25	90,0	46.875	625,00	1,12
30	108,0	81.000	1.080,00	0,65
40	144,0	192.000	2.500,00	0,27
50	180,0	375.000	5.000,00	0,14

La dernière colonne exprime le poids en kilogrammes qu'il est possible de donner au cheval-vapeur en supposant que le moteur absorbe 1/5 de force ascensionnelle totale.

On voit avec quelle rapidité ce poids diminue quand la vitesse augmente et combien il est difficile de gagner quelques mètres par seconde à partir d'une certaine limite.

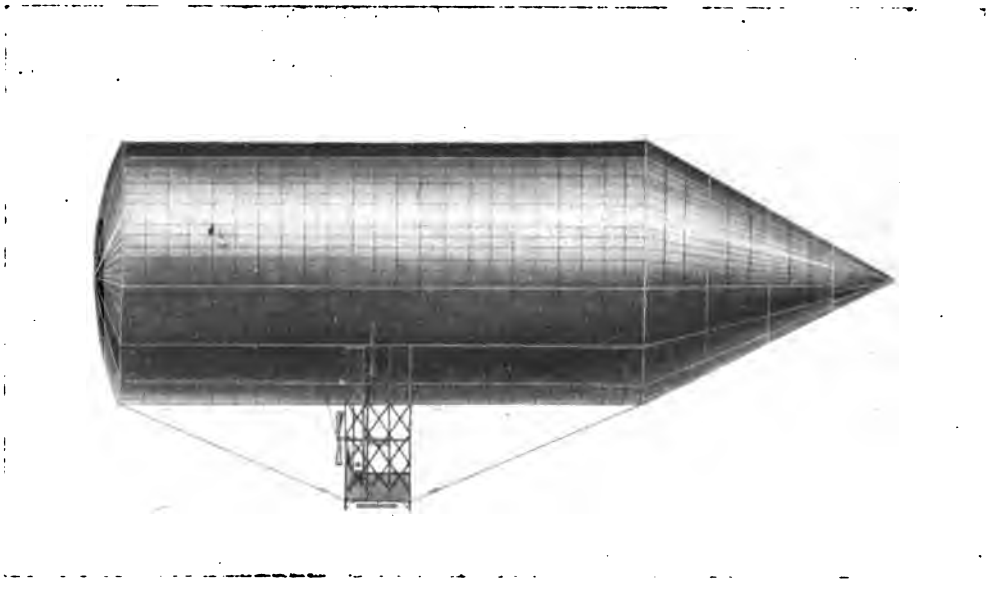


Fig. 7. — *Le dirigeable de Schwartz.*

VII

On a pu se demander pourquoi, après les brillantes expériences de 1884-1885, Charles Renard n'avait pas fait de nouvelles ascensions en ballon dirigeable. C'est qu'il était bien convaincu que de telles ascensions ne pourraient avoir aucun résultat utile tant qu'on n'aurait pas allégé les moteurs dans une proportion considérable. S'il n'avait consulté que son intérêt personnel, il aurait renouvelé fréquemment ses expériences en choisissant son temps et aurait attiré sur lui la faveur de l'opinion publique; il préféra poursuivre dans l'ombre des résultats plus sérieux.

Il chercha donc à réaliser des progrès dans l'allégement des moteurs. Convaincu que l'électricité, si commode d'ailleurs dans son emploi, avait donné au point de vue de la puissance motrice à peu près tout ce qu'on peut en espérer, il chercha à améliorer à la fois les moteurs à vapeur et les moteurs à explosion. Ses recherches aboutirent à des conséquences très intéressantes, mais ce n'est pas le lieu de les exposer ici. Pendant ce temps, l'industrie automobile, jusqu'alors embryonnaire, faisait faire aux moteurs à explosion des progrès rapides. Ceux-ci, grâce aux travaux de nombreux ingénieurs,

Digitized by Google

avaient atteint une puissance spécifique déjà considérable vers les dernières années du XIXᵉ siècle; aussi on songea de divers côtés à appliquer ces moteurs à la navigation aérienne, dont, on ne saurait trop le répéter, les principes étaient connus et admis de tout le monde depuis 1884.

Les premières tentatives ne furent pas heureuses. Elles eurent lieu en Allemagne. En 1897, un ingénieur, nommé Schwartz, construisit un ballon (fig. 7) dont l'enveloppe était en tôle mince d'aluminium, afin, pensait-il, d'obtenir une surface extérieure plus régulière. Cette conception était absolument enfantine et dénotait chez l'auteur une ignorance complète des principes de l'architecture aéronautique.

L'aérostat était muni d'un moteur à pétrole. Il fit une ascension, n'obtint aucun résultat, et après sa descente l'enveloppe fut déformée d'une manière lamentable et l'appareil mis hors de service.

En 1898, un autre ingénieur allemand, Woelfert, construisit un ballon (fig. 8), en étoffe celui-là, muni d'un moteur à pétrole. Mais, dans le but, sans doute, de diminuer la résistance à l'avancement, la nacelle était collée contre le ballon, et mettait, par conséquent, le moteur à proximité de la masse d'hydrogène. Il arriva ce qui devait arriver : les gaz d'échappement du moteur enflammèrent l'hydrogène, le ballon brûla en l'air, et les aéronautes furent tués.

tion particulières. Il était constitué par une immense carcasse en aluminium, recouverte d'une enveloppe en étoffe. A l'intérieur de cette cage étaient placés un grand nombre de ballons, 17 paraît-il, indépendants les uns des autres et renfermant de l'hydrogène. L'étoffe extérieure ne servait qu'à recouvrir le tout et n'avait pas à assurer l'imperméabilité. Au-dessous se trouvaient deux nacelles avec moteurs à pétrole actionnant des hélices. L'aérostat avait été construit dans un hangar flottant installé sur le lac de Constance; le plancher de ce hangar formait un radeau distinct de celui qui supportait les murailles et la toiture, et pouvait être remorqué en dehors; le ballon se trouvait ainsi en plein air et n'avait plus qu'à s'élever du radeau lorsqu'on voulait procéder à des ascensions. Un certain nombre de voyages eurent lieu à la fin du XIXᵉ siècle, et les expériences ont été reprises depuis quelque temps.

Si l'on en croit les ingénieurs aéronautes allemands, cet aérostat serait le plus merveilleux engin qui eût jamais été construit et il aurait obtenu des résultats très supérieurs à ceux de ses concurrents. On a fait, en particulier, grand bruit à propos de la longueur des voyages qu'il aurait exécutés et de la durée pendant laquelle il était resté sans prendre terre. Il s'est même trouvé des aéronautes français, et non des moindres, pour emboucher la trompette et proclamer notre infériorité par rapport à l'Allemagne.

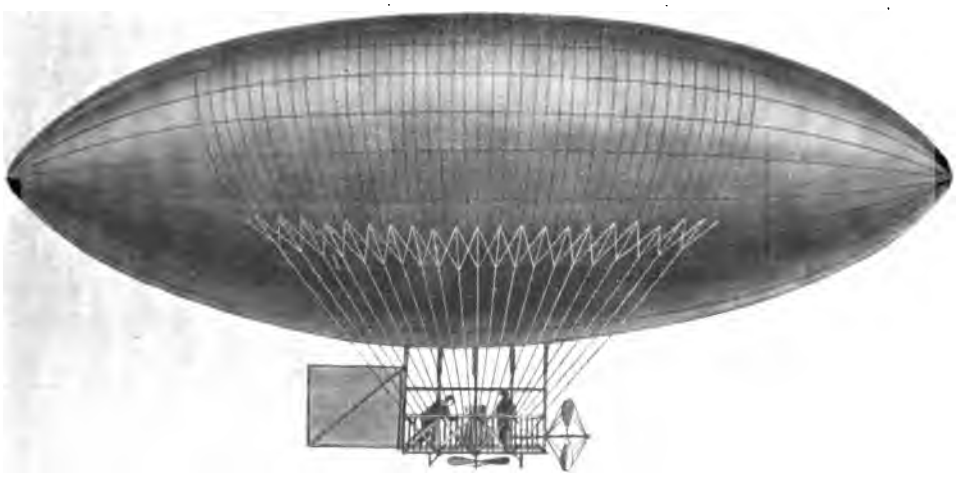


Fig. 8. — *Le dirigeable de Wœlfert.*

VIII

En 1899-1900, le comte Zeppelin expérimenta un aérostat (fig. 9) d'une forme et d'une construc-

Il y a là une grande part d'exagération.

Puisque cette question se présente ici, il n'est pas inutile de rappeler quel est le véritable critérium de la valeur d'un ballon dirigeable. Est-ce la distance

Digitized by Google

parcourue? Est-ce la durée de séjour en l'air? Est-ce la vitesse absolue? Est-ce la stabilité? Tout cela est très important, mais ce qui fait la valeur d'un aérostat dirigeable, c'est avant tout la vitesse propre, car c'est elle qui augmente les chances de dirigeabilité totale. Lorsqu'on la possède, on a, par le fait, la stabilité, car c'est la crainte de compromettre celle-ci qui, à l'heure actuelle, limite la vitesse des navires aériens. La vitesse absolue est la résultante de la vitesse propre et de celle du vent; avec une vitesse propre faible et un vent fort, on peut avoir une grande vitesse absolue, mais seulement dans un angle abordable limité : les ballons libres ont parfois eux-mêmes une grande vitesse absolue, mais qui ne leur donne pas les propriétés des ballons dirigeables. Il est d'ailleurs évident qu'en augmentant la vitesse propre on augmente, pour un vent donné la vitesse absolue. En outre, lorsqu'on partion du lest disponible. En parlant de la stabilité en altitude, nous avons vu que, pour les dirigeables, cette limite est extrêmement reculée, en raison des moyens dont ils disposent pour se maintenir à une hauteur donnée sans consommation de gaz ni de lest. En second lieu, le voyage peut être arrêté par suite de l'épuisement de l'approvisionnement de combustible. Dans l'un et l'autre cas, c'est toujours, en somme, la consommation d'un approvisionnement limité qui détermine la fin de l'ascension. Mais cet approvisionnement, il est facile d'en augmenter la quantité dans des proportions notables : il suffit, toutes choses égales d'ailleurs, d'augmenter le volume du ballon, et chaque mètre cube gagné permettra d'enlever environ 1 kilogramme de plus de matières consommables, lest ou combustible. Or, une augmentation très faible des dimensions linéaires du ballon procure un accroissement de

Fig. 9. — *Le dirigeable* Zeppelin.

court un circuit dont la forme se rapproche de celle d'une circonférence ou d'un polygone régulier, on peut démontrer non pas qu'il y a proportionnalité entre la vitesse propre et la vitesse absolue moyenne, mais que les deux augmentent presque toujours en même temps. Ces deux qualités pratiques, la stabilité et la vitesse absolue, sont donc intimement liées à la possession de la vitesse propre, qui ne peut exister sans elles.

Quant à la distance parcourue, elle est égale au produit de la vitesse absolue et de la durée du voyage. La première de ces quantités, comme nous venons de le voir, augmente avec la vitesse propre; la durée du voyage en est, par contre, absolument indépendante. C'est donc un élément nouveau et intéressant de la question. A vrai dire, il n'y a que ces deux propriétés qui permettent d'apprécier la valeur pratique d'un aérostat dirigeable : la vitesse propre et la durée possible du voyage.

Cette durée peut être limitée de deux manières : en premier lieu, le voyage peut prendre fin comme celui d'un ballon libre, par suite de la consommavolume très notable, et cela sans augmenter beaucoup la section transversale et, par suite, la résistance à l'avancement. On peut donc, dans certaines limites, gagner assez facilement quelques centaines de mètres cubes sans modifier sensiblement les propriétés essentielles du navire aérien; il n'y a donc pas grand mérite à augmenter la longueur possible du voyage. Nous avons vu, au contraire, dans la première partie de cet article, à quelles difficultés de toute nature on se heurte lorsqu'on veut en augmenter la vitesse propre.

Il est donc hors de doute que, des deux qualités primordiales d'un aérostat dirigeable, la vitesse propre l'emporte de beaucoup sur la durée de l'ascension, et qu'il faut bien se garder d'attacher à celle-ci une importance prépondérante.

Si l'on revient au ballon *Zeppelin*, on est forcé de reconnaître qu'au point de vue de la vitesse propre sa supériorité est loin d'être affirmée. Les mesures de cette vitesse sont très difficiles; mais ce qui permet de s'en rendre compte, c'est la fréquence des ascensions. Or, les sorties du ballon *Zeppelin*

Digitized by Google

sont rares si on les compare à celles de ses concurrents actuels; il faut donc en conclure que sa vitesse propre est notablement inférieure.

La fameuse armature métallique dont les partisans de cet aérostat exaltent la géniale conception est, à notre avis, une véritable monstruosité en construction aérienne. C'est d'abord un affreux gaspillage de poids, qui serait beaucoup mieux employé sous forme de diminution du volume, et, par suite, de l'encombrement et des résistances de toute nature, et sous forme d'augmentation de la puissance motrice. En plus, cette armature constitue un danger; et, bien que l'inventeur n'ait jamais voulu en convenir, il est à remarquer qu'il a toujours soigneusement évité de descendre ailleurs que sur son radeau à la surface du lac de Constance; cela prouve qu'il n'était pas très rassuré sur les suites d'une descente en terre ferme.

En résumé, malgré des dispositions de détail intéressantes, l'aérostat *Zeppelin* ne devra jamais être considéré comme un modèle à imiter.

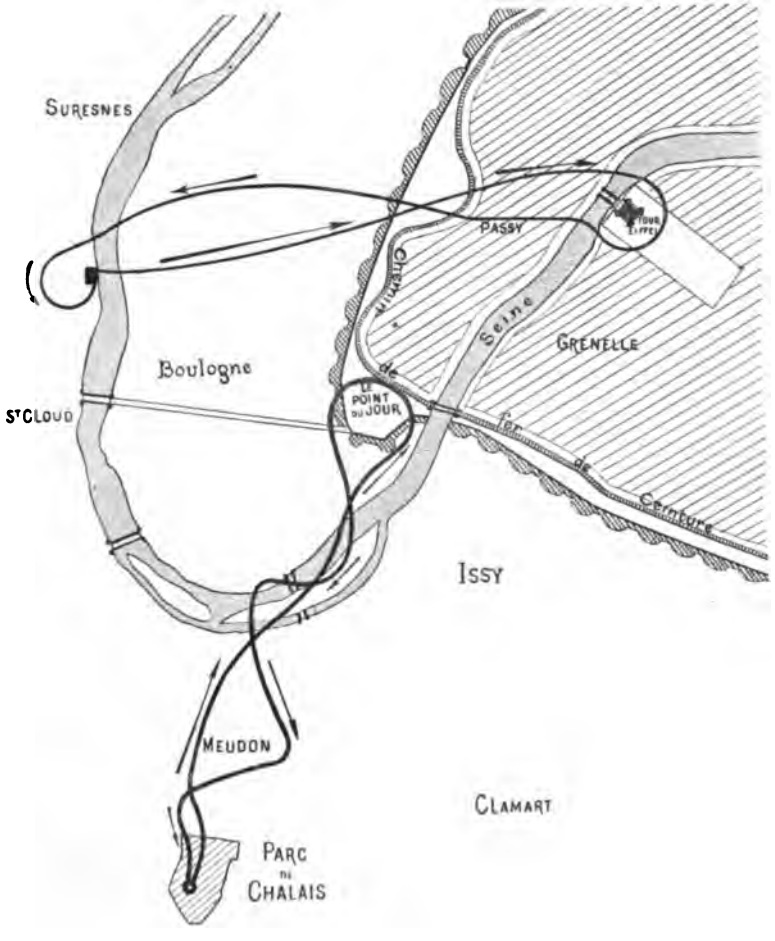


Fig. 10. — *Carte des voyages des dirigeables* La France *et* Santos-Dumont.

IX

En même temps que le ballon *Zeppelin* exécutait ses premières expériences, des essais retentissants commençaient à attirer l'attention du public. M. Santos-Dumont avait eu l'idée, en employant des moteurs à pétrole de puissance relativement faible, de construire des ballons dirigeables d'un volume aussi petit que possible. Il y en eut plusieurs numéros successifs, et, en lisant leurs descriptions et le compte rendu de leurs voyages, on s'aperçoit que l'inventeur semblait ignorer tout ce qui s'était passé avant lui, et qu'il éprouva successivement tous les inconvénients dont avaient souffert ses devanciers. L'absence du ballonnet, en particulier, faillit terminer tragiquement quelques-unes de ses ascensions. Il améliora petit à petit ses appareils, et il aurait pu certainement éviter la construction de plusieurs d'entre eux s'il avait mieux connu l'histoire de la navigation aérienne.

Quoi qu'il en soit, son nº 6 fonctionna d'une manière remarquable, et tout le monde se souvient que c'est avec cet aérostat qu'il gagna, en 1901, le prix de 100.000 francs, fondé par M. Deutsch (de la Meurthe), pour avoir franchi en une demi-heure la distance, aller et retour, entre le parc de l'Aéro-Club, à Saint-Cloud, et la Tour Eiffel, en exécutant un virage autour de ce monument. C'était là un très joli succès, et le public y applaudit avec juste raison. Mais quant à y voir la réalisation d'un grand progrès en navigation aérienne, c'était tout à fait inexact. Il suffit de jeter les yeux (fig. 10) sur la carte qui représente le trajet de Santos-Dumont en 1901 et le dernier voyage de *La France* en 1885, pour se rendre compte que ces deux ascensions sont à peu près équivalentes. Si l'on n'a pas doublé la Tour Eiffel en 1885, c'est uniquement parce qu'elle n'existait pas encore. Ce qui est plus frappant peut-être, c'est de comparer les formes des deux aérostats, comme le permet la figure 11; leur similitude est saisissante. Les deux ballons y sont représentés, non pas à la même échelle, mais de manière à avoir la même longueur de pointe en pointe, afin de rendre la comparaison plus facile;

Digitized by Google

en réalité, l'aérostat de Santos-Dumont est beaucoup plus petit que *La France*.

Pendant qu'en oubliant un peu trop les antériorités, le public s'enthousiasmait des exploits de M. Santos-Dumont, le Colonel Renard constatait que la vitesse propre de son aérostat ne dépassait pas sensiblement celle qu'il avait obtenue lui-même en 1884-1885, et cependant la puissance motrice par rapport au mètre carré de section était beaucoup plus considérable. Tandis que *La France*, avec une maîtresse section de 55$^{m^2}$,4, disposait d'un moteur de 9 chevaux, ce qui correspondait à 0 ch. 16 par mètre carré, le *Santos-Dumont n°* 6 disposait de 16 chevaux pour 33 mètres carrés de section, soit 0 ch. 48 par mètre carré, c'est-à-dire trois fois plus. Il aurait dû théoriquement obtenir une vitesse égale à celle de *La France* multipliée par la racine cubique de 3, c'est-à-dire 6^{m},50 multiplié par 1,44, soit 9,36 ; or, il fut bien loin d'atteindre ce résultat. C'est à la suite de cette constatation que le Colonel Renard rechercha la cause inconnue de cette perte de vitesse, et finit par la découvrir dans l'instabilité longitudinale.

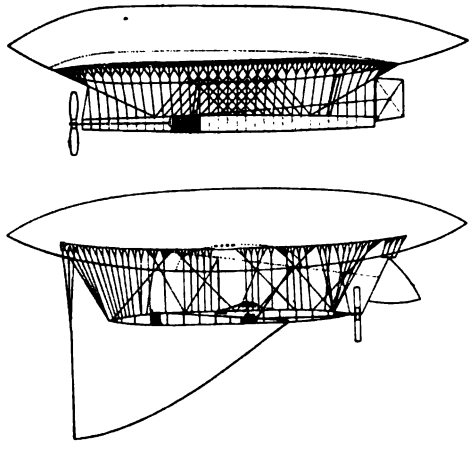


Fig. 11. — *Les dirigeables* La France (en haut) *et* Santos-Dumont n° 6 (en bas), *ramenés à la même longueur.*

La figure 12 représente l'aérostat n° 6 de M. Santos-Dumont à la même échelle que tous les autres ; on peut se rendre compte que sa faible dimension constitue, à vrai dire, son principal mérite, puisqu'il est arrivé à construire le dirigeable minimum. Celui-ci tient en navigation aérienne la même place que la motocyclette en automobilisme.

Fig. 12. — *Le dirigeable de Santos-Dumont.*

X

On ne saurait nier l'influence énorme qu'exercèrent sur l'opinion publique les ascensions de M. Santos-Dumont : ce fut une nouvelle impulsion donnée à la navigation aérienne.

Malheureusement, on considéra la chose comme trop facile : il semblait à tout le monde qu'il suffisait de placer un moteur à pétrole dans une nacelle de ballon pour obtenir des résultats merveilleux. Pour améliorer ces résultats, les conceptions les plus étranges, qui jusqu'alors n'avaient été réalisées que sur le papier, furent matérialisées sous forme de véritables aérostats qui dénotaient chez leurs auteurs l'ignorance la plus complète des règles de l'architecture aéronautique.

L'aérostat de Severo (fig. 13), dans lequel, pour placer les hélices à la pointe même du ballon, on avait fait pénétrer une charpente en bois jusqu'à l'axe longitudinal de celui-ci, était une merveille dans ce genre. Je me rappellerai toujours l'impression singulière que me causa cet appareil, lorsque j'eus l'occasion de le visiter au mois de mai 1901 ; je revins de cette visite avec la persuasion que l'aéronaute avait accumulé dans son aérostat de nombreuses dispositions aussi dangereuses les unes que les autres : il avait au moins une dizaine de manières de terminer tragiquement son ascension.

Cinq jours après, dans un voyage unique, de quelques minutes, le ballon prenait feu en l'air, et la nacelle, avec les corps des aéronautes, venait s'abîmer sur le sol de l'avenue du Maine.

Quelques mois après, l'aérostat Bradsky (fig. 14) terminait son premier voyage par une catastrophe du même genre : cette fois, le ballon n'avait pas pris feu, mais la nacelle s'était séparée de lui et était tombée lourdement à terre, pendant que le ballon s'élevait seul à une hauteur prodigieuse, pour aller retomber une centaine de kilomètres plus loin.

Digitized by Google

XI

On était encore sous l'impression de cette dernière catastrophe, lorsqu'on apprit le succès obtenu par un nouveau dirigeable construit par MM. Paul et Pierre Lebaudy, et qu'on appelait soit le *Lebaudy*, soit encore le *Jaune*, à cause de la couleur particulière de son étoffe.

Cet aérostat avait une forme générale analogue à celle de *La France*, allongée et dissymétrique. Il reliée directement au ballon, était suspendue une nacelle de petite dimension. Cette nacelle renfermait un moteur à essence actionnant deux hélices tournant en sens inverse et placées à droite et à gauche. Après quelques voyages d'essais, les premières ascensions proprement dites furent satisfaisantes et l'aérostat les renouvela assez fréquemment. Toutefois, la vitesse propre, dont on n'a jamais indiqué le chiffre exact, devait être assez faible, et la stabilité longitudinale insuffisante.

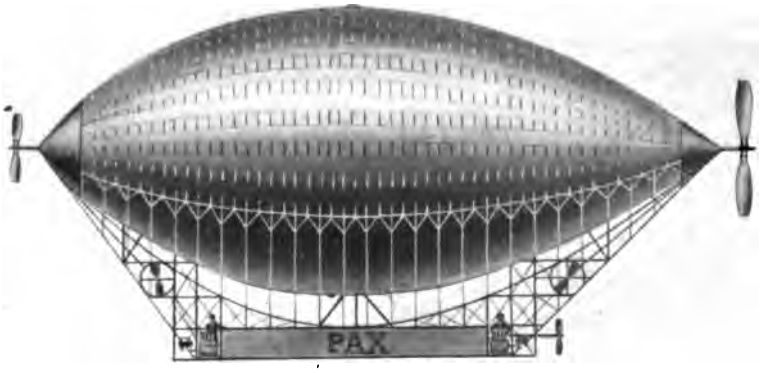


Fig. 13. — *Le dirigeable* Pax, *de Severo.*

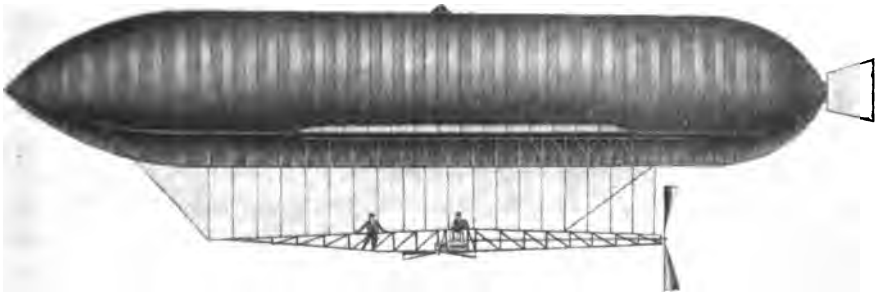


Fig. 14. — *Le dirigeable de Bradsky.*

en différait par ses extrémités arrondies en forme de calotte sphérique, mais surtout par la présence, à la partie inférieure, d'une plate-forme horizontale rigide, faite de tubes d'acier assemblés à la manière des cadres de bicyclette. A cette plate-forme,

Diverses modifications — indépendamment de l'adjonction d'un gouvernail qui avait été faite dès le début (on avait espéré pouvoir évoluer au moyen des deux hélices et l'on reconnut vite l'inefficacité de ce procédé) — consistèrent dans l'emploi de plans

Digitized by Google

verticaux et horizontaux destinés à augmenter la stabilité de l'appareil. On avait d'abord compté sur la plate-forme pour assurer la stabilité longitudinale; mais celle-ci, placée au centre de gravité même, avait un bras de levier absolument insuffisant : on la prolongea donc fortement vers l'arrière, et on finit par fixer à la queue du ballon lui-même des espèces de nageoires verticales et horizontales dont l'expérience démontra l'efficacité. Ces modifications furent appliquées également à un ballon du même type, le *Patrie* (fig. 15), dont on connaît l'histoire brillante, terminée malheureusement par un lamentable accident.

Ce qui a pu frapper le grand public dans les performances de ces aérostats, c'est le nombre considérable des ascensions exécutées et la facilité avec autres, ils étaient munis d'une plate-forme rigide, attribua à cette disposition tous les succès obtenus. C'est, à mon avis, absolument le contraire de la vérité. Cette plate-forme est, comme toutes les armatures rigides fixées au ballon, un gaspillage de poids et une cause de danger, et, si les ballons *Lebaudy* et *Patrie* ont réussi, ce n'est pas à cause de cette construction barbare, mais malgré elle. Au point de vue de la stabilité, elle n'a servi et ne peut servir absolument à rien; à tous les autres égards, elle est dangereuse : elle peut donner lieu à de mauvaises répartitions des tensions dans l'étoffe, rend les dégonflements difficiles, et on peut la considérer comme responsable en partie de la perte du ballon, qui s'échappa, comme on sait, aux environs de Verdun en décembre 1907.

Fig. 15. — *Le dirigeable* Patrie.

laque lle on répétait les voyages aériens; tandis que *La France* et l'aérostat *Santos-Dumont* attendaient patiemment dans leurs hangars que le vent voulût bien avoir une vitesse inférieure à leur vitesse propre, les aérostats *Lebaudy* et *Patrie* sortaient, non pas par tous les temps, mais très fréquemment et semblaient toujours prêts à recommencer le cours de leurs exploits. Cette simple constatation, que tout le monde a pu faire, en dit plus que tous les raisonnements sur les progrès réalisés, et il est certain que ces ballons ont dû obtenir une vitesse propre notablement supérieure à celle de leurs devanciers; on prétend qu'elle atteignit le chiffre maximum de 11 mètres, mais j'ignore de quelle manière les mesures ont été faites, et je ne puis, par conséquent, garantir l'exactitude absolue de ce chiffre.

A quoi tiennent ces résultats satisfaisants? Le public simpliste, constatant le succès des aérostats en question et voyant que, contrairement à tous les

La première cause de ces succès est évidemmen la proportion de la puissance motrice par rapport à la maîtresse section. La puissance était de 40 chevaux pour une section de 75 mètres carrés, ce qui donne 0,53 cheval par mètre carré de maître couple. C'est donc un peu plus que le *Santos-Dumont* qui avait, comme nous l'avons vu, 0,48. Le rapport entre cette puissance et celle dont disposait *La France* est exprimé par la fraction $\frac{0,53}{0,16}$, c'est-à-dire 3,3125. Toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse propre doit donc être à celle de *La France* dans le rapport de la racine cubique de ce nombre à l'unité. Cette racine cubique étant égale à 1,49, la vitesse aurait dû être de $9^{m},69$. Elle a probablement été supérieure, ce qui prouverait que le coefficient de résistance à l'avancement est, toutes proportions gardées, moindre que pour *La France*.

Si l'on a obtenu dans la pratique des résultats analogues à ce que faisait prévoir la théorie, tandis

Digitized by Google

qu'il n'en fut rien pour M. Santos-Dumont, c'est que, certainement, la puissance motrice a dû être beaucoup mieux utilisée dans les aérostats *Lebaudy* et *Patrie*. Ce n'est pas, assurément, la forme générale qui était meilleure : on doit attribuer cette supériorité à ce que la stabilité était mieux assurée, ce qui a permis de profiter dans de meilleures conditions de la puissance motrice disponible.

En fait, les grands facteurs de cette stabilité sont les ailerons-nageoires, c'est-à-dire l'empennage ajouté à la queue. En outre, tout, dans ces aérostats, a été parfaitement étudié par des ingénieurs d'une compétence indiscutable. La partie mécanique fut exécutée sous la direction de M. Julliot, dont il est inutile de faire l'éloge. Aucun détail ne fut laissé au hasard : tout fut calculé de manière à obtenir le maximum d'effet utile avec le minimum de poids. Quant à la partie aérostatique, elle fut, pour le premier *Lebaudy*, très rationnellement construite sous la direction de M. Surcouf. Le choix de l'étoffe, la disposition générale du ballon, son mode de liaison à la plate-forme, etc., furent étudiés par lui et ne paraissent pas avoir été modifiés d'une manière notable par la suite. Il faut ajouter que M. Surcouf n'était pas partisan de la plate-forme rigide, qui lui fut imposée et dont il chercha, autant que possible, à atténuer les inconvénients. La collaboration de M. Surcouf prit fin avec l'année 1902 et, depuis cette époque, la partie aérostatique de la construction des aérostats *Lebaudy* fut dirigée par M. Juchmès.

Il y a évidemment quelques critiques à faire, et la plus importante de toutes est la présence de cette masse de ferraille qui constitue la plate-forme. Il y a déjà, du *Lebaudy* au *Patrie*, un certain progrès sous ce rapport : on a supprimé quelques pièces rigides dont l'inutilité avait été reconnue. Espérons que l'on continuera à marcher dans cette voie et que l'on finira par renoncer à une construction lourde et, pour le moins, inutile. La forme de la nacelle, terminée en pointe à sa partie inférieure, rend les campements difficiles et pourrait, avec avantage, être modifiée. Enfin, malgré les résultats obtenus, je pense que les hélices sont trop petites et tournent trop vite. On se rappelle ce que nous avons dit à propos des hélices dans la première partie de cette étude, et comment on peut se demander s'il vaut mieux avoir des hélices rapides et d'un faible diamètre, ou des hélices lentes et de grandes dimensions. En théorie, les dernières sont préférables, mais elles entraînent des inconvénients d'ordre secondaire, et il y a un juste milieu à tenir ; M. Julliot, à mon avis, s'est tenu au-dessous de ce juste milieu, et il y aurait certainement avantage à augmenter les dimensions de ses hélices et à en diminuer la vélocité.

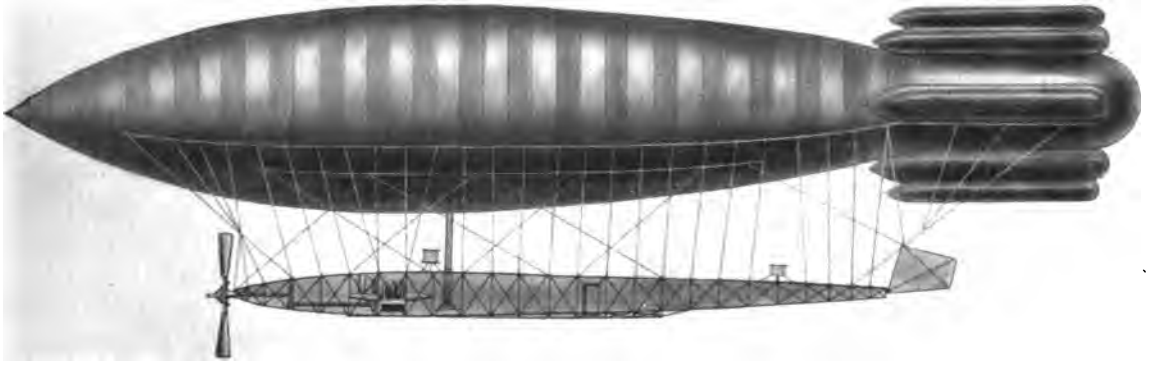


Fig. 16. — *Le dirigeable* Ville de Paris.

Mais ce sont là des critiques de détail qui n'empêcheront pas que l'aérostat *Lebaudy* et ses successeurs auront marqué un progrès réel dans la navigation aérienne par le plus léger que l'air.

XII

Le *Ville de Paris*, construit par M. Deutsch de la Meurthe, a obtenu des résultats à peu près de même valeur, bien que ses dispositions diffèrent

Digitized by Google

notablement de celles qui ont été adoptées par MM. Lebaudy (fig. 16). La forme générale est toujours celle d'un ballon allongé, dissymétrique, plus ou moins analogue à *La France*; mais la partie postérieure présente des dispositions tout à fait spéciales. L'arrière est, en effet, muni de ballonnets cylindro-sphériques qui lui donnent un aspect étrange et, il faut l'avouer, peu esthétique. C'est une manière de réaliser l'empennage fixé au ballon sans employer un gramme de matière rigide. C'était l'idée du Colonel Renard, et si, au point de vue de l'élégance, cela peut laisser à désirer, l'efficacité du procédé a été surabondamment démontrée par l'expérience : si l'on a un reproche à faire, c'est que la stabilité serait surabondante, au moins dans le plan horizontal. C'est un défaut auquel il sera facile de remédier. Il sera possible également, sans rien changer au principe, et en proscrivant d'une manière aussi absolue l'emploi de matières rigides fixées au ballon même, d'organiser des ballonnets stabilisateurs d'une forme plus gracieuse.

Il est à peine besoin de dire qu'il n'y a pas de plate-forme rigide fixée au ballon, et que la nacelle n'est reliée à celui-ci que par des liens flexibles. La nacelle est longue comme dans le ballon *La France*; la forme est à peu près analogue. L'hélice est unique et à l'avant; elle est d'un grand diamètre et tourne assez lentement; elle présente un profil spécial, à directrices courbes et non rectilignes, qui paraît avantageux pour la propulsion; elle est, en outre, articulée de manière à permettre aux bras de prendre la direction de la résultante des différentes forces qui y sont appliquées, et de ne travailler qu'à la traction, sans être soumis à aucun effort de flexion, ce qui permet d'alléger l'ensemble de la construction. De même que l'empennage, c'est encore là une application des idées émises par le Colonel Renard dans les derniers mois de sa vie.

L'aérostat est muni d'un gouvernail à axe vertical et composé d'un double plan à la manière des cerfs-volants cellulaires. Des systèmes analogues, mobiles autour d'axes horizontaux, permettent d'assurer la stabilité en altitude.

La maîtresse section étant de 86,59 mètres carrés et la puissance motrice de 70 chevaux, on obtient la proportion de 0 chev. 81 par mètre carré de surface du maître-couple. Par rapport à *La France*, le rapport est de $\frac{0,81}{0,16}$, soit de 5,0625, dont la racine cubique est de 1,72, ce qui aurait dû donner une vitesse théorique de $11^{m},18$. Il ne semble pas que cette vitesse ait été atteinte, mais on a dû s'en rapprocher. Il ne faut d'ailleurs pas attacher à ces calculs une importance exagérée, car rien ne dit que la puissance du moteur effectivement employée soit rigoureusement égale à la puissance indiquée.

En résumé, de même que les aérostats du type *Patrie*, le *Ville de Paris* a obtenu d'excellents résultats, réitéré fréquemment ses ascensions; sa stabilité est excellente, sa vitesse propre est notable.

On peut dire que ces deux aérostats sont à peu près équivalents, mais il est certain que le type *Ville de Paris* est plus conforme aux saines traditions et aux véritables principes de l'architecture aéronautique, et il est probable que c'est plutôt de ce côté que s'orienteront les constructeurs de l'avenir, et que les types à carcasse rigide disparaîtront complètement.

XIII

Il resterait encore à parler des aérostats dirigeables assez nombreux qui ont été construits à l'étranger dans ces derniers temps. Il n'y a pas grand'chose à en dire, parce que les résultats et surtout les vitesses propres en sont mal connus. Malgré les noms prétentieux de quelques-uns d'entre eux, comme *Nulli Secundus*, la plupart ont fourni une carrière peu importante et peu remarquable dans ses résultats; les ascensions ont été rares et, en somme, peu intéressantes : si elles s'étaient produites il y a une quinzaine d'années, elles auraient certainement mérité l'attention publique, mais aucun de ces aérostats ne peut présenter un ensemble de résultats et une répétition d'ascensions comparables à la carrière fournie par les navires aériens du type *Lebaudy* ou par le *Ville de Paris*. C'est là le véritable critérium. A l'heure actuelle, on peut dire qu'un voyage aérien isolé, une expérience sans lendemain ne vaut guère la peine qu'on s'y intéresse. La reitération des ascensions prouve, en effet, qu'on possède la vitesse propre et la stabilité, et plus un aérostat dirigeable fonctionnera souvent, meilleur il sera.

Il faut croire qu'il y a quelque chose dans le génie français qui s'harmonise avec la navigation aérienne, car c'est encore à l'heure actuelle la patrie des Montgolfier et du Colonel Renard qui marche au premier rang dans cette voie. Espérons que sa supériorité ne lui sera point enlevée.

Commandant Paul Renard.

Digitized by Google

LE MÉCANISME PHYSIOLOGIQUE ET MENTAL DU RIRE

Le rire est une réaction émotive comme la colère, les pleurs, les soupirs, etc. Ce qui le rend plus bizarre, plus incompréhensible, c'est la variété, l'anomalie des causes qui le produisent; c'est aussi la disproportion entre ces causes et leur effet. A ce point de vue, on peut distinguer trois sortes de rires : le *rire joyeux* (rire de bonne humeur, de bonne santé), *le rire pathologique* (lésions encéphaliques) et *le rire intellectuel* ou *psychique* (sens comique). Ces trois sortes de rire ne diffèrent en rien par leurs manifestations extérieures, ni par l'état circulatoire, respiratoire et musculaire qu'elles impliquent; elles ne diffèrent que par l'état mental qui les détermine.

Nous nous proposons, pour arriver à une théorie scientifique du *rire psychique* ou *intellectuel*, d'étudier d'abord les manifestations tout organiques du rire joyeux, qui nous éclaireront sur les phénomènes prédisposants ou extérieurs du rire, puis d'étudier les phénomènes cérébraux du rire pathologique, qui nous renseigneront sur son mécanisme mental.

I. — Le rire joyeux.

Le propre des impressions agréables ou désagréables est de provoquer dans l'organisme des modifications momentanées. Ces modifications sont de deux sortes : modifications extérieures extrêmement variées, et qui définissent, à elles seules, la nature de l'impression; modifications internes, uniformes, qui se traduisent dans l'organisme par deux états contraires : *état dynamogène* ou *état dépressif*.

Dans l'état dynamogène, l'amplitude du pouls augmente; en même temps, les muscles tendent à se contracter, y compris les muscles respiratoires.

Cet état se traduit à l'extérieur par les expressions diverses de la joie, de l'ardeur, de l'enthousiasme, de l'orgueil, etc.

Dans l'état dépressif, les phénomènes internes sont inverses : diminution de l'amplitude du pouls, distension, relâchement des muscles, etc. Cet état dépressif se traduit à l'extérieur par les expressions variées de la douleur, du découragement, de l'angoisse, de la peur, de la honte, etc.

Nous allons voir comment l'état dynamogène, au delà d'une certaine intensité, tend naturellement l'organisme vers cette explosion, en apparence bizarre, qu'est le rire.

§ 1. — État circulatoire, musculaire et respiratoire de l'homme joyeux.

1. *État circulatoire.* — On connaît les études intéressantes de Mosso sur les modifications de la circulation cérébrale accompagnant tout travail mental. Il eut l'occasion d'observer une femme dont le lobe frontal avait été mis à nu à la suite d'un accident. Lorsqu'il voyait les pulsations devenir plus amples, et le cerveau se gonfler, c'est que la malade réfléchissait; la nature de ses réflexions était indépendante du phénomène. Le second cas était celui d'un jeune garçon qui, à l'âge de deux ans, avait subi une sorte de trépanation à la suite d'une chute : « A peine le frôlait-on, ou approchait-on une lampe, qu'on voyait immédiatement le volume du cerveau augmenter, et une saillie apparaître sur le tracé des pulsations cérébrales[1]. » Pendant le sommeil, la distribution du sang se rétablissait. Il avait constaté également par d'autres expériences que, sous l'effet d'une émotion, même légère, le volume de la main et de l'avant-bras diminue. Il y a donc, à son avis, sous l'influence des émotions, vaso-constriction dans les membres et appel du sang au cerveau.

En 1884 et 1885, une théorie des émotions fut soutenue par C. Lange et par W. James; elle attira l'attention des physiologistes sur ces phénomènes. On connaît cette théorie; l'état émotif est une résultante de l'état circulatoire et musculaire : le joyeux a les gestes exubérants et une suractivité fonctionnelle parce que le sang circule chez lui plus abondamment; au contraire, la tristesse est une conséquence de la vaso-constriction et de l'abaissement de la pression artérielle.

Cette théorie, admise par le plus grand nombre des philosophes, fut combattue ou critiquée par des physiologistes comme François-Franck, qui s'attacha à démontrer, par des expériences variées et intéressantes, l'indépendance fonctionnelle du cerveau[2]. Quoi qu'il en soit, la discussion amena de nouvelles recherches sur les modifications circulatoires dans les états émotifs.

François-Franck étudia les réactions provoquées par les excitations corticales, Féré par les excitations sensorielles. La première conclusion fut celle-ci : Les modifications artérielles sont identiques dans les trois conditions suivantes : excitation émotive, excitation des nerfs sensibles, excitation directe du cerveau.

Le seconde conclusion fut : qu'une excitation *légère* du cerveau ou des nerfs sensibles produit l'état dynamogène; qu'une excitation *forte* produit l'état dépressif.

Enfin, en 1906, Lehmann présenta un Mémoire

[1] Mosso : *La peur*, p. 51.
[2] François-Franck : *Cours du Collège de France*, p. 49 sqq.

Digitized by Google

à l'Académie des Sciences de Copenhague sur les concomitants physiologiques des états psychiques.

L'auteur avait commencé ses recherches en 1890.

Il enregistrait à la fois les modifications respiratoires et les changements de volume du bras dans l'état émotif. Les résultats furent les suivants :

Aux sensations ou aux émotions agréables correspond une augmentation du volume du bras et de l'amplitude du pouls.

Plus tard, il reprit ses expériences et les compléta, en faisant intervenir le travail intellectuel. Il aboutit alors à cette conclusion :

Il y a, tout au début de la sensation ou de l'émotion, diminution du volume du bras et de l'amplitude du pouls (ceci confirme l'observation de Mosso : toute impression, sensation ou pensée provoque un appel du sang au cerveau) ; si l'émotion est agréable, le sang fait immédiatement retour aux muscles, ce qui se révèle par l'augmentation du volume du bras et de l'amplitude du pouls ; si l'émotion agréable est accompagnée de travail mental, l'appel du sang au cerveau est plus fort, et la réaction expansive est retardée tant que dure le travail mental. Féré avait déjà noté ce double mouvement circulatoire sous l'influence des excitations sensitives [1].

Nous pouvons conclure de cette première étude que toute émotion agréable s'accompagne d'une vaste oscillation circulatoire, de la périphérie au cerveau et du cerveau à la périphérie ; et notons dès maintenant que la condition la meilleure pour obtenir l'oscillation la plus forte, c'est de provoquer l'émotion par une excitation cérébrale très courte. Il semble qu'un rapprochement d'idées inattendu, une vision rapide de contrastes soit propre à déterminer cette légère et courte excitation mentale. Nous y reviendrons plus tard.

2. *Etat musculaire.* — On peut, à l'aide du dynamomètre, étudier les réactions musculaires provoquées par les excitations cérébrales, sensorielles ou émotives. C'est à Féré que l'on doit les expériences dynamométriques les plus curieuses. Le sujet ayant d'abord marqué au dynamomètre le maximum de pression qu'il peut fournir à l'état normal, on le soumet à certaines influences ; voici alors ce que l'on constate : Les sensations ou émotions agréables s'accompagnent toujours d'une augmentation de la pression dynamométrique ; les sensations ou émotions désagréables, d'une diminution de cette pression [2].

Féré, d'accord en cela avec C. Lange et W. James, considère que l'émotion agréable ou pénible est constituée elle-même par l'augmentation ou la diminution de l'énergie potentielle. Mais lui et d'autres physiologistes sont allés plus loin. Tous les muscles du corps étant en repos, ils ont constaté que, si l'on provoque chez le sujet un état émotif ou sensoriel agréable, il y a commencement de contraction généralisée des muscles.

Ainsi, Féré et Langlas, ayant fixé sur le grand palmaire d'un sujet qui écoute de la musique un cardiographe mis en rapport avec l'appareil enregistreur, ont constaté l'existence de secousses musculaires. Ces secousses tracent des ondulations faibles chez un sujet normal, et beaucoup plus fortes chez un hystérique.

Claude Bernard, Schiff, Vulpian avaient observé une contraction de la pupille correspondant aux sensations ou émotions excitantes (joies, etc.) et une dilatation correspondant aux émotions dépressives (terreur, fatigue, etc.) ; Mosso et Pellacani ont noté les contractions de la vessie sous l'influence d'une excitation quelconque [1]. D'autres recherches faites sur le sphincter ont donné le même résultat. Féré a même reconnu que, chez les femmes nerveuses, des mouvements du fœtus répondent à certaines excitations visuelles ou auditives.

Ces phénomènes se compliquent souvent de contractions par imitation chez les sujets même peu nerveux (induction psychomotrice) : nous renvoyons à l'étude si complète de Féré sur ce sujet.

On peut conclure de toutes ces observations que, chez l'individu normal, toute excitation, sensation, émotion agréable s'accompagne non seulement de la contraction d'un groupe de muscles (sourire, etc.), mais de l'érection générale de l'organisme tout entier : « Et c'est justement à cette érection, qui s'accompagne d'une augmentation de la tonicité de tous les muscles, qu'est due l'expression de satisfaction ou de plaisir qui se traduit non seulement par l'aspect de la face, mais encore par l'attitude du corps.., tandis qu'à l'état inverse, la dépression correspond à un relâchement musculaire général... et, dans la face, à la flaccidité des mêmes muscles [2] ».

Donc : c'est l'énergie potentielle, la tonicité des muscles qui correspond à la conscience du bonheur ; c'est leur contraction naissante qui constitue l'expression satisfaite.

Cette théorie, étayée sur d'intéressantes expériences, est conforme à celle de Bain, de Darwin, de Dumont, de C. Lange et de W. James. Le plaisir, la joie, l'émotion agréable, l'état dynamogène en un mot, sont l'expression organique d'un état d'activité musculaire et artérielle généralisée. On conçoit alors que toute excitation nouvelle provoque la mise en branle du système musculaire sous forme de contractions désordonnées, anarchiques, brusques et involontaires. C'est le cas du rire.

[1] Féré : *Pathologie des émotions*, 1892, p. 51.
[2] Féré : *Sensation et Mouvement.*

[1] *Archives italiennes de Biologie*, 1882, t. I.
[2] Féré : *Sensation et mouvement.*

Digitized by Google

3. *Etat respiratoire.* — Cet état d'énergie musculaire qui caractérise l'émotion agréable est général et s'étend aux muscles de la respiration.

Or, il existe, comme l'a montré Luciani (1878), un animal dont l'appareil respiratoire est constamment dans cet état actif : c'est le chien. Chez lui, l'expiration n'est pas le fait d'un simple retrait des parois thoraciques; les muscles expirateurs thoraco-abdominaux restent en activité jusqu'à la fin de l'expiration. Cet état respiratoire a été étudié par Mosso. A l'aide du pneumographe, il a fait sur son chien l'expérience suivante : « ... C'est un animal très doux, qui se prête facilement aux expériences et reste calme et endormi pendant longtemps. Mais le plus léger bruit détermine un changement dans les mouvements respiratoires... Tout étant silencieux, l'appareil étant disposé et le style du pneumographe traçant la courbe de la respiration, j'adressais alors la parole à quelqu'un ou je donnais un ordre, ou encore je touchais légèrement l'appareil ou la table, ou, mieux encore, je me bornais à regarder l'animal et à lui donner une caresse de la voix; aussitôt la respiration se précipitait[1] ».

De même, chez l'homme, quand les muscles respiratoires sont à l'état actif, quand ils participent à l'état général de contraction musculaire, la moindre excitation doit tendre à accélérer la respiration. Que l'émotion dynamogène s'accentue, c'est par un spasme respiratoire et des aboiements que le chien la traduira. C'est par un spasme respiratoire et des « cris de joie » que la traduira aussi l'enfant ou l'homme inculte.

On comprend que, dans tout état émotif, l'appareil musculaire de la respiration soit le déversoir où s'échappe plus spécialement le trop-plein d'énergie vitale; aucun système musculaire n'a été plus assoupli par l'exercice, aucune fonction n'est plus que la fonction respiratoire liée aux changements extérieurs. Dans l'évolution animale, c'est au moment où les Vertébrés deviennent aériens, respirent par des poumons, qu'apparaît le premier rudiment d'écorce cérébrale (Edinger), lié au développement du nerf olfactif, du « flair ». L'appareil respiratoire est le premier et le dernier réactif organique de la sensation et de l'émotion. Christiani a montré que, même chez l'animal privé de cerveau, une lumière très vive ou des bruits soudains peuvent déterminer des inspirations profondes et une respiration haletante. Le rythme de la respiration se modifie donc pour toute excitation, qu'elle soit consciente ou inconsciente.

On peut donc dire que la joie très vive est un état général d'équilibre instable de l'appareil circulatoire, musculaire et respiratoire; cet état, qui est, comme on le voit, bien caractérisé, nous permet de comprendre sous quelle forme éclatera l'explosion organique qui constitue le rire proprement dit.

[1] Mosso : *La Peur*, p. 96.

§ 2. — Caractères extérieurs du rire.

Le rire de joie ou de satisfaction, celui qui éclate à l'annonce d'une nouvelle heureuse ou à la vue d'une personne chère, ou pendant le jeu, la course au grand air, le rire de bonne humeur ou de bonne santé est vraiment le type normal du rire; il en est l'expression la plus simple. Ses caractéristiques se retrouvent dans le rire pathologique ou dans le rire psychique, mais avec une exagération ou une complication des phénomènes qui en rend l'étude plus difficile.

1. *Caractères généraux.* — Ce rire de joie n'est que l'explosion organique qui suit l'état d'équilibre instable dont nous avons parlé. C'est une décharge musculaire et respiratoire accompagnée d'une circulation plus ample et plus active, grâce à la vasodilatation des artères. L'oscillation circulatoire se révèle par une vive rougeur, puis le cœur bat plus vite et le sang circule avec plus de force; la décharge musculaire commence par les muscles de la face, s'étend aux muscles du larynx, au diaphragme, aux muscles thoraciques et abdominaux, puis aux membres; la décharge respiratoire se traduit par une profonde inspiration suivie d'expirations forcées.

Mais, à travers toutes les complexités du rire dues aux tempéraments individuels ou à la nature des causes, les deux caractères qui le distinguent de toutes les autres réactions émotives sont : la contraction de certains muscles de la face constituant la grimace particulière du rire, et le phénomène respiratoire consistant en une série d'expirations forcées accompagnées de vibrations de la glotte.

2. *Contraction des muscles faciaux.* — On a répété longtemps après Spencer que, dans toute décharge musculaire généralisée, ce sont les muscles les plus courts qui se contractent le mieux, parce que la somme d'inertie à vaincre est la moins considérable. « Comme les muscles de la face, dit-il, sont relativement petits et sont fixés à des parties plus faciles à mouvoir, il s'ensuit que c'est sur la face que doit se manifester la plus grande somme de sentiments ».

Cette théorie a été discutée et corrigée depuis par Raulin et par G. Dumas; nous nous contenterons de rappeler brièvement leurs travaux.

Raulin a expliqué, dans la première partie de sa thèse sur le rire[1], comment la différenciation des

[1] Dr Raulin : *Le Rire et les exhilarants.*

Digitized by Google

muscles de la face « suit une évolution parallèle à celle des centres psychiques », et en quoi « leur individualisation comme leurs multiples associations sont commandées par le développement cérébral ». Chez tous les Mammifères, sauf chez les Primates, la masse musculaire qui sert à l'expression de la face est peu différenciée ; les grands zygomatiques ne s'en dégagent que chez les singes anthropoïdes; encore sont-ils à peine développés. Au fur et à mesure que le cerveau se complique, les modes d'expression se différencient, s'affinent, les muscles faciaux sont assouplis par une contraction plus fréquente et mieux coordonnée, et le rire s'échappe par ce système de muscles plus mobiles.

Mais pourquoi, dans le rire, tels systèmes de muscles faciaux se contractent-ils plutôt que tels autres?

Les expériences de G. Dumas précisent cette question. Pour lui, la décharge musculaire, dans les cas d'excitations faibles, se produit par les systèmes de muscles dont l'action est la plus concordante, et dont les antagonistes sont les plus faibles ou les plus isolés. « Si le sourire s'exécute pour une excitation modérée, c'est qu'il est le mouvement le plus facile de la face. Si les muscles du camp opposé avaient conditionné l'expression la plus aisée au lieu de conditionner l'expression la plus difficile, nous souririons par le triangulaire des lèvres ou par le carré du menton, comme nous sourions par le rieur et les zygomatiques[1] ».

3. *Spasme respiratoire.* — On peut admettre avec Brissaud que le rire commence à la commissure des lèvres. « C'est d'abord le sourire qui ne dépasse pas le bout des lèvres, puis qui s'étend et gagne le nœud de la gorge[2] »; toutefois, il est bien démontré que, même lorsque le rire est silencieux, le signal chronographique enregistre des vibrations du larynx. « Il peut arriver d'ailleurs, dit Raulin, que ces muscles vocaux soient incomparablement plus mobiles et impressionnables que les muscles faciaux... ; le moindre déplacement d'énergie nerveuse se trahit alors aussitôt de leur côté avant d'avoir atteint les zygomatiques.[3] » La simultanéité des deux phénomènes peut être due, comme le remarque Raulin, à la relation intime d'origine entre l'arc hyoïdien suspenseur du larynx et les muscles mimiques de la face. Mais on peut faire remonter avec Brissaud cette double décharge musculaire à l'ébranlement des noyaux bulbaires correspondants.

[1] G. Dumas : Le mécanisme du sourire. *Revue du mois*, p. 386-ss.

[2] Brissaud : *Leçons sur les maladies nerveuses*, p. 452.

[3] Raulin : *Le Rire et les exhilarants*, p. 58.

Rappelons la description d'un accès de « rire spasmodique » par Brissaud, et nous verrons que, si la succession des phénomènes extérieurs est tellement semblable à celle du rire normal, c'est que l'ébranlement des noyaux bulbaires doit se faire de la même façon et dans le même ordre :

« Le phénomène, limité d'abord à la face, atteint la glotte interligamenteuse. La glotte intercartilagineuse intervient à son tour et se dilate pour laisser passer l'air que chassent les contractions du diaphragme. Quand ce dernier muscle entre en jeu, il est évident que l'excitation partie du noyau facial passe par le pneumogastrique, le spinal et est parvenue aux noyaux du phrénique. C'est le moment du rire « à gorge déployée ». On rit à se décrocher la mâchoire. Enfin se produisent des manifestations plus bruyantes encore et plus généralisées; la colonne motrice médullaire elle-même et tout le corps participent au spasme général. On « se tient les côtes », on « se tord[1] ».

D'où vient à son tour cet ébranlement des noyaux bulbaires? La ressemblance entre le mode d'ébranlement des noyaux bulbaires dans le rire normal et dans le « rire spasmodique » étudié par Brissaud permet d'affirmer que cet ébranlement vient des couches optiques. Nous verrons plus loin que c'est par le faisceau psychique (Brissaud), allant du lobe préfrontal à la racine antérieure des couches optiques, que l'impulsus nerveux leur arrive. Pour en finir avec l'étude du rire joyeux, nous pouvons déjà dire que ce rire, préparé par un état dynamogène intense, est déterminé par une excitation générale de l'écorce due à la circulation plus active du sang dans le cerveau. Le trop plein d'énergie nerveuse s'écoule alors de l'écorce au bulbe par la voie des couches optiques. C'est, en somme, une forme de réaction émotive assez simple.

§ 3. — Le rire joyeux est-il le propre de l'homme?

L'explosion de joie que nous avons décrite plus haut existe chez tous les animaux supérieurs, mais elle ne s'accompagne pas de ce rictus particulier à l'homme, sauf, d'une façon imperceptible, et dans certains cas exceptionnels, chez les singes anthropoïdes. En général, l'aboiement spasmodique du chien avec mouvement de la queue serait analogue à un rire joyeux, mais il n'en présente que les phénomènes respiratoires; chez le singe, au contraire, on trouverait l'ébauche du rire de satisfaction avec rictus expressif et petit gloussement; avec une nuance et un degré de plus, nous aurons chez l'homme le sourire de contentement si la joie est modérée, et enfin le rire « à gorge déployée » si l'état joyeux est excessif.

[1] Brissaud : *Ibid.*

Digitized by Google

Toutefois, la différenciation des muscles de la face étant en rapport avec celle des noyaux bulbaires, et celle-ci étant liée à l'évolution des centres psychiques, l'animal exprime par ses muscles tous les sentiments qu'il a besoin d'exprimer. La franche expression du rire sur la face humaine est donc un effet de la supériorité intellectuelle de l'homme, et, à ce point de vue, le rire de joie ne lui serait pas plus spécial que les pleurs ou que toute autre manifestation émotive, plus riche et plus complexe chez lui que chez les animaux.

Mais il existe une espèce de rire propre à l'homme, un rire désintéressé pour ainsi dire, parce qu'il est provoqué chez lui par tout autre chose que la satisfaction. Telles impressions ou telles idées, indifférentes ou presque par elles-mêmes, provoquent en l'homme, par le fait de leur rapprochement ou de leur simultanéité, le rictus et le spasme respiratoire qui constituent le rire. C'est cette faculté psychique, appelée *sens comique*, qui est « le propre de l'homme ». Nous ne pourrons en comprendre la nature qu'après avoir étudié le rire pathologique.

II. — Rire pathologique.

§ 1. — Relations des hémisphères et du bulbe.

Nous avons vu plus haut que toute perception, toute émotion, toute pensée s'accompagnent de modifications musculaires, respiratoires, vaso-motrices. « *La pensée*, disent les physiologistes actuels, c'est l'acte qui commence »; « *l'émotion*, disent C. Lange et W. James, c'est la conscience des variations vasculaires, respiratoires et musculaires qui accompagnent la perception ». Le processus final de toute élaboration psychique est donc une impulsion volontaire, ou une impulsion organique, ou les deux ensemble, et ces deux sortes d'impulsions ont leurs centres corticaux bien distincts et leurs deux voies motrices bien différentes.

1. *Impulsions volontaires, zone psycho-motrice et faisceaux pyramidaux.* — Pour toute impulsion volontaire, le centre cortical ou *zone psycho-motrice* était localisé jusqu'à ces temps derniers dans la région fronto-pariétale, région comprenant les circonvolutions frontale et pariétale ascendantes (séparées par la scissure de Rolando), le lobule paracentral, etc. Mais, d'après les travaux de Grünbaum et Sherrington (1901), Vogt et Brodmann pour le singe, Krause, Mills, Frazer, Cusching, Lloyd pour l'homme, et ceux d'Italo Rossi et Gustave Roussy sur les dégénérations des fibres motrices et de leurs centres moteurs (1907), travaux confirmant les recherches histologiques de Kolmer, Brodmann et Campbell, il faut limiter « presque exclusivement » la zone motrice corticale à la *frontale ascendante*. (Chez le chien, elle se localise dans le gyrus sygmoïde, en avant du sillon crucial). C'est de cette région, très limitée, on le voit, que descendent les courants nerveux par les faisceaux moteurs appelés *faisceaux pyramidaux*. Ces faisceaux se rendent sans interruption soit jusqu'aux noyaux gris du pont, soit jusqu'au bulbe, soit jusqu'à la moelle, pour innerver tout le système musculaire.

Le nerf facial et l'hypoglosse, qui nous intéressent particulièrement, ont, *en tant que nerfs moteurs volontaires*, leur centre cortical dans cette zone. C'est par le faisceau géniculé, partie du faisceau pyramidal, que l'impulsus est transmis directement de l'écorce aux noyaux bulbaires du facial et de l'hypoglosse.

On pourrait donc penser que, dans tous les phénomènes psychiques qui font contracter les muscles faciaux, l'impulsion motrice leur arrive directement de la frontale ascendante par la voie pyramidale; c'est ce qui se passe pour toutes les contractions *volontaires*. Si les voies pyramidales, et surtout le faisceau géniculé, sont lésées ou sectionnées, ou bien s'il y a lésion de la frontale ascendante, les contractions volontaires sont supprimées; la paralysie est complète si la lésion est bilatérale, et, si un côté du cerveau est atteint, la paralysie est localisée au côté opposé de la face.

2. *Aboutissement à l'écorce des impressions sensitives ou sensorielles. Le Thalamus et sa couronne rayonnante.* — Si les faisceaux moteurs volontaires se rendent directement de l'écorce aux noyaux du pont, du bulbe ou de la moelle, il n'en est pas de même des faisceaux centripètes qui apportent à l'écorce les impressions extérieures. Ceux-ci, avant d'arriver jusqu'aux hémisphères, rencontrent un poste de relai. Ce sont les *couches optiques*. Chacune de ces deux masses nerveuses (*thalamus opticus* ou *couche optique*) n'est autre chose qu'une prolifération dans le ventricule moyen de la paroi du cerveau intermédiaire. Les *couches optiques* ont dans l'encéphale un rôle à part : tandis que les autres ganglions (tubercules quadrijumeaux, etc.) se sont développés au fur et à mesure des besoins de l'espèce, avant le développement du cerveau antérieur, les *couches optiques* ont été des dépendances de celui-ci, se sont différenciées avec les différenciations de l'écorce; chaque *thalamus opticus* s'est subdivisé en noyaux qui sont autant de postes de relais pour les parties correspondantes de l'hémisphère. C'est dans les *couches optiques* que montent tous les faisceaux sensitifs ou sensoriels, et celles-ci, à leur tour, distribuent les impressions aux différentes parties de l'écorce par un ensemble de faisceaux divergents, appelé *couronne rayonnante*.

Digitized by Google

3. *Impulsions émotives. Faisceau psychique. Rôle des couches optiques dans les émotions.* — Nous avons vu que toute impulsion *volontaire* descend directement de l'écorce aux noyaux bulbaires ou médullaires par les faisceaux pyramidaux; que toute impression *sensitive* ou *sensorielle*, au contraire, s'interrompt dans les couches optiques avant de monter aux hémisphères. Nous allons voir que *toute impulsion émotive se distingue de l'impulsion volontaire en ce qu'elle abandonne la voie directe pyramidale pour passer par la voie indirecte des couches optiques.*

Les faisceaux de la *couronne rayonnante*, qui vont en divergeant de chaque couche optique à la surface interne des hémisphères, sont en général, comme nous l'avons dit, des faisceaux centripètes. Von Monakow a établi la topographie suivante de cette couronne rayonnante : les noyaux antérieurs et internes de chaque thalamus sont en rapport avec le lobe frontal, les noyaux latéraux avec les circonvolutions pariétales, les noyaux ventraux avec l'opercule, les noyaux postérieurs avec le lobe occipital et le lobe temporal.

Or, parmi tous ces faisceaux rayonnants, le faisceau antérieur, qui relie le lobe préfrontal à la racine antérieure du thalamus, est centrifuge. On lui a donné le nom de *faisceau psychique* ou *intellectuel*, quoique ces deux noms soient tout à fait impropres, comme l'a fait remarquer Déjerine. (Cette relation de l'écorce et du thalamus dans le sens centrifuge n'est pas la seule; d'autres ont été mises en évidence par Déjerine, mais elles offrent un intérêt d'un autre ordre et n'entrent pas dans notre sujet.)

Cela posé, voici comment le mécanisme nerveux émotif a été précisé :

Bechterew a constaté, chez les animaux *qui avaient subi une ablation complète et bilatérale de la zone motrice*, toute une catégorie de mouvements qui sont sûrement d'origine psychique et qu'on connaît sous le nom de *mouvements d'expression*. Bechterew a démontré expérimentalement qu'ils ne peuvent se produire que grâce à l'intermédiaire des *couches optiques*[1]. Nothnagel, par des observations suivies d'autopsie, avait déjà montré que, toutes les fois que, malgré la suppression de l'impulsion volontaire, il y a conservation du rire ou du pleurer, c'est que les *couches optiques* sont intactes.

Le rôle des *couches optiques* comme centre des manifestations émotives est lié à leur rôle physiologique général. Les expériences de Bechterew sont, à cet égard, des plus concluantes. Bechterew a constaté qu'en excitant soit mécaniquement, soit électriquement, chez un animal, les couches optiques, on obtient l'accélération de la respiration avec mouvements expiratoires renforcés, cris, contraction des muscles faciaux, des extrémités et du tronc, action sur les nerfs vaso-moteurs, sécrétion lacrymale, etc.; de plus, par des excitations en différents points des couches optiques, Bechterew a découvert les noyaux correspondant aux mouvements du cœur, aux mouvements péristaltiques, aux contractions de la vessie, etc. Enfin, il a pu constater que *les centres expressifs se localisent dans la région antérieure des couches optiques.* Nous ne faisons ici qu'indiquer le résultat des travaux si remarquables de Bechterew, poursuivis de 1882 à 1887. Ses observations ont été confirmées par celles de nombreux neurologistes.

La racine antérieure de chaque thalamus étant en rapport avec le lobe préfrontal par *le faisceau psychique*, c'est ce faisceau (d'après Brissaud) qui apporte au thalamus l'impulsus nerveux émotif. Si ce faisceau est interrompu d'un côté, les mouvements expressifs de la face sont supprimés de l'autre côté.

L'impulsus émotif se distingue donc de l'impulsus volontaire en ce que, élaboré comme lui dans les centres corticaux, il descend par les faisceaux de retour de la couronne rayonnante dans les couches optiques. L'ébranlement des noyaux optiques se transmet par les fibres centrifuges des couches optiques aux noyaux du bulbe et provoque ainsi tout le cortège des réactions vaso-motrices, respiratoires, musculaires, qui caractérisent l'émotion. Dans le cas du rire et du pleurer, c'est par le faisceau psychique que l'impulsus descend du lobe préfrontal aux noyaux antérieurs du thalamus, centres de la mimique expressive.

§ 2. — Relations des hémisphères corticaux et du bulbe, dans le cas du rire pathologique. Transmission de l'ébranlement nerveux.

Nous avons dit que le rire pathologique offre les mêmes caractères extérieurs que le rire normal. Brissaud, après avoir décrit ces manifestations violentes, et montré qu'elles sont provoquées par l'ébranlement des noyaux bulbaires suivant une succession descendante, ajoute : « Avec ces seules données anatomiques, on peut déjà envisager le processus du rire, depuis le simple sourire, légère contraction faciale, jusqu'au rire éclatant, identique à un vrai spasme. Le processus physiologique suit invariablement le même trajet, ayant toujours une direction descendante depuis la petite diagonale du plancher rhomboïdal, jusqu'à la colonne grise cervicale. »

Cet ébranlement vient, comme nous l'avons dit, de celui des noyaux thalamiques. Mais trois cas peuvent se présenter :

[1] Bechterew : Les voies de conduction du cerveau et de la moelle. 1 vol. in-8°. Paris, Doin.

Digitized by Google

1° *Si une lésion irritative est exclusivement limitée au bulbe et non plus haut*, on ne constate qu'un spasme grimaçant, participant à la fois du rire et du pleurer (Brissaud). Ce cas ne nous intéresse pas pour la suite.

2° *Si le thalamus seul est irrité, ou si le faisceau psychique est interrompu*, on retrouve chez le malade le type facial bulbaire dont parle Brissaud. De plus, des accès de rire ou de pleurs (surtout de pleurs) répondront à des excitations réflexes du thalamus, mais ils ne seront jamais provoqués par une pensée ou un sentiment. Chez un malade observé par Mingazzini et présentant une lésion à droite, le long du segment antérieur de la capsule interne, des pleurs et des gémissements éclataient dès qu'il faisait un effort quelconque. Je ne cite ce cas que pour le distinguer du troisième, mais il ne nous intéresse pas non plus pour la suite.

3° *Si les relations du lobe préfrontal et du thalamus sont intactes, mais s'il y a lésion des voies motrices volontaires*, l'impulsus nerveux, à la moindre idée triste ou gaie, passera tout entier par le faisceau psychique dans le thalamus, l'ébranlement se propagera avec intensité aux noyaux bulbaires, et des accès de rire ou de pleurs éclateront avec une ampleur exagérée. Les auteurs ne distinguent pas assez ce cas du précédent, à mon avis. Il nous intéresse tout spécialement parce qu'il va nous permettre de comprendre le mécanisme du rire psychique.

Nous n'insisterons pas sur l'historique de la question, qui a été fait à plusieurs reprises (voir Soury, Brissaud, Raulin, Dumas, *loc. cit.*). Nous ne rappellerons que les observations les plus caractéristiques :

Dans un cas cité par Bechterew, *ramollissement des centres moteurs dans les deux hémisphères*, produisant d'une part une parésie du pied et de la main droites, d'autre part une paralysie du pied, de la main et du facial inférieur gauches, le malade non seulement *avait conservé la mimique de la face*, comme nous le disions plus haut, mais des accès de pleurer et de rire éclataient sans motifs suffisants et duraient plusieurs heures.

Strümpell rapporte le cas d'une malade atteinte de paralysie pseudo-bulbaire par *lésion bilatérale du faisceau pyramidal* : « Le rire avait, dit-il, quelque chose de particulièrement convulsif...: la bouche s'écartait démesurément, et tout le visage restait dans un état de rire permanent et excessif...; le passage du rire au pleurer était instantané, à la moindre idée triste. »

L'état spasmodique (qui suit toujours les lésions des voies motrices) paraît, selon Brissaud, avoir une importance considérable dans le rire; mais cet état spasmodique et la prédisposition aux réactions émotives exagérées sont liées à une même cause, et cette cause, il y a lieu de l'examiner ici.

Bechterew et d'autres auteurs considèrent la zone motrice de l'écorce comme un centre d'arrêt, et les faisceaux pyramidaux comme des faisceaux d'arrêt volontaire. Certains neurologistes posent même comme un axiome le principe suivant : « Qui dit faisceau ou centre volontaire dit faisceau ou centre d'arrêt. » Si ces voies sont lésées ou supprimées, les réactions émotives et les réflexes s'exagèrent, en même temps que l'état spasmodique devient un état permanent. Brissaud cite le cas de malades atteints de paralysie pseudo-bulbaire (par lésion des faisceaux pyramidaux), à démarche franchement spasmodique, et qui sont, en dépit de leurs efforts, obligés de rire jusqu'à épuisement.

En résumé, le troisième cas pathologique diffère des deux autres en ce que *les relations centrifuges de l'écorce et du bulbe sont maintenues, mais par une seule voie, la voie thalamo-bulbaire*. Il en résulte que tout impulsus nerveux, obligé d'abandonner les voies directes volontaires, s'échappe avec plus de violence par celle-ci. L'ébranlement des noyaux du thalamus, transmis aux noyaux bulbaires, se traduit par les manifestations émotives qui constituent le rire ou le pleurer.

III. — Le rire psychique ou intellectuel.

Je vais essayer d'expliquer comment le rire *psychique* ou *intellectuel* procède du même mécanisme nerveux que le rire pathologique précédent.

Le cas extrême est celui d'un individu qui, dans un état absolument neutre, ni triste ni gai, éclate tout à coup de rire en prenant conscience d'une bizarrerie quelconque. Là, nulle préparation physiologique, aucun état préexistant; le phénomène est sans lien apparent avec la cause. Et pourtant, l'explosion éclate, absolument semblable à l'explosion joyeuse ou au spasme maladif décrit par Brissaud; c'est une décharge organique au même degré, avec son processus vaso-moteur, musculaire, respiratoire. Si le phénomène organique est tellement semblable, il faut bien que le phénomène nerveux offre le même caractère. L'ébranlement rapide en succession descendante des mêmes noyaux bulbaires, révélé par les caractères extérieurs ou physiologiques de l'accès, montre que, là comme précédemment, l'excitation est venue aux noyaux du bulbe par un ébranlement des couches optiques, et que cette excitation est venue aux noyaux optiques antérieurs, centres de la mimique expressive, par le faisceau psychique. *L'impulsus moteur a donc, tout comme précédemment, abandonné les voies pyramidales directes pour passer par la voie thalamo-bulbaire.*

Digitized by Google

A mon avis, la seule différence entre le rire pathologique et le rire intellectuel, c'est que le premier s'explique par une lésion de déficit des centres moteurs ne laissant comme voie de passage à l'influx nerveux que la voie thalamo-bulbaire, tandis que, dans le second, c'est le travail mental lui-même qui détermine cette suspension motrice et cette déviation du courant nerveux. Voici comment j'imagine ce phénomène.

§ 1. — Caractéristique du comique[1].

Ce travail mental est d'un ordre si particulier que les philosophes ont discuté à l'infini sur sa nature. Toutefois, en rapprochant leurs théories, on peut dire que les causes du rire se ramènent toutes à celle-ci : *Conscience rapide d'un contraste, d'un désaccord entre deux concepts.*

Une bonne définition de l'esprit est donnée par Vischer : « Un art de réunir, à n'en former qu'une seule, avec une rapidité surprenante, plusieurs représentations qui sont à proprement parler étrangères l'une à l'autre, d'après leur objet et le nexus auquel elles appartiennent. »

Partout se retrouve cette idée d'une discordance mentale. « La passion du rire n'est pas autre chose, dit Hobbes, qu'un sentiment soudain de triomphe qui naît de la conception soudaine de quelque supériorité en nous, par comparaison avec l'infériorité d'autrui ou avec notre infériorité antérieure. » Cette théorie est celle de Ribot, de Bain.

L'idée de contraste se retrouve, accompagnée de l'intuition de l'état dynamogène, dans la théorie de Kant : « Une affection naissant de la soudaine réduction à rien d'une expectative intense » ; dans celle de Schopenhauer : « Un effort intellectuel qui tout à coup se trouve sans objet » ; et dans l'expression de Spencer : « Une disconvenance descendante ».

C'est la même idée qui intervient dans la conception émotionnelle du rire : « mélange d'ingrédients, les uns agréables, les autres pénibles ».

Dumont explique d'une façon assez vague le phénomène provoqué par ce mécanisme mental : « Les deux forces contradictoires mises en jeu dans le rire, ne pouvant aboutir à l'unité d'une conception, sont obligées de s'écouler au dehors par une dépense d'énergie musculaire ». Le plus difficile est de comprendre *comment* les deux forces « s'écoulent au dehors ».

On a déjà fait remarquer que les raisonnements mathématiques par l'absurde ne font pas rire, que les contradictions d'ordre abstrait ou impersonnel ne font pas rire, et même (ce qu'il ne faudrait pas exagérer) que les concepts qui aboutissent au rire se rapportent toujours à l'homme. En fait, le rire psychique ne se produit que s'il y a un état dynamogène, si faible soit-il, provoqué soit par l'un des concepts, soit par les circonstances ambiantes. Ainsi, une apparition bizarre ne fait rire l'enfant que s'il est bien disposé; autrement, il n'en éprouve que de la frayeur. De même, un trait d'esprit cesse de nous faire rire s'il atteint nos affections ou notre orgueil ou si nous sommes de mauvaise humeur. Et pourtant la bonne humeur ne suffisait pas dans ce cas à provoquer le rire ; ce faible état dynamogène n'est donc que la condition prédisposante; il est probable que son action est due à l'oscillation circulatoire dont nous avons parlé dans la première partie.

§ 2. — Travail mental d'où procède le rire.

Nous avons vu que, pour provoquer l'explosion du rire, les concepts doivent présenter une opposition ou un contraste soudains. Prenons le cas le plus fréquent : rire provoqué par quelque image nouvelle venant tout à coup s'opposer à nos habitudes mentales. Les hémisphères corticaux vont devenir le siège d'un mécanisme assez curieux que l'on peut essayer de se représenter.

On sait que toute élaboration psychique aboutit à l'impulsion : « La pensée, c'est l'acte qui commence ». Supposons donc, comme nous le disions plus haut, qu'une image nouvelle (ou un concept nouveau) surgisse tout à coup dans notre état de conscience ; c'est dans les centres d'association qu'elle vient évoquer, réveiller les images mentales antérieures (ou les concepts antérieurs) qui lui correspondent. Si la pensée avait suivi la logique habituelle, ou si l'impression nouvelle avait été conforme aux images antérieures, les deux concepts superposés auraient abouti à envoyer dans la zone motrice des impulsus concordants; les ordres moteurs auraient été bien nets, bien déterminés, surajoutés pour ainsi dire ; ils auraient donc été transmis par les faisceaux pyramidaux aux noyaux moteurs du pont, du bulbe ou de la moëlle. Mais ici, au contraire, une représentation nouvelle est venue soudainement s'opposer à nos conceptions habituelles; si le concept nouveau présente une antinomie violente avec les concepts antérieurs qu'il a réveillés, les ordres moteurs qui en résultent se superposent en se contrariant, en se neutralisant ; *l'impulsion motrice volontaire est suspendue* : la zone motrice devient le siège d'une sorte *d'interférence*, qui la rend momentanément inapte à transmettre les courants nerveux par les faisceaux pyramidaux. Pendant ce désarroi mental, où le cerveau tend à unifier les deux concepts opposés, à

[1] Pour cette partie psychologique, se reporter au livre de M. Dugas, *Psychologie du rire*, et à son article (*Revue philosophique*, déc. 1906).

Digitized by Google

coordonner les deux idées contraires, c'est dans les centres d'association, en particulier dans le lobe préfrontal, que s'accumule le flux nerveux, tout le temps de la suspension de l'acte; l'impulsus nerveux trouve donc naturellement son débouché par le faisceau psychique vers les couches optiques. L'ébranlement violent des noyaux du thalamus se propageant aux noyaux bulbaires, l'explosion du rire ressemble de tout point à celle du rire pathologique.

On peut s'expiquer que, si le « sentiment du moi » est, comme on le croit, localisé dans le lobe frontal, les concepts qui mettent en évidence « quelque supériorité en nous par comparaison avec l'infériorité d'autrui » soient ceux dont le contraste nous porte le plus naturellement au rire.

§ 3. — Cas intermédiaires entre le rire pathologique et le rire psychique.

1. *Fou rire.* — Le fou rire est un phénomène presque pathologique, qui peut nous aider à comprendre le rire psychique.

Dans telles circonstances solennelles, au milieu d'une cérémonie, un fait insignifiant : un cri d'animal, un éternuement, un rien, suffit pour provoquer une crise générale d'hilarité irrésistible, qui persiste plus longtemps que le rire habituel, et qu'on maîtrise plus difficilement.

Or, c'est dans les circonstances solennelles où chacun doit rester immobile et silencieux, se composer un visage sérieux, une contenance impassible, que les centres et les faisceaux moteurs volontaires sont maintenus dans un état de tension exagérée. Plus ils sont surmenés dans leur rôle le plus pénible, celui de centres et de faisceaux d'arrêt, plus ils offrent de résistance au passage de l'impulsus nerveux, qui tend alors à s'échapper par la voie la plus facile, la voie thalamique; plus le rire tend à éclater irrésistible, violent, sans mesure, à la moindre excitation.

2. *Rire nerveux.* — On peut s'expliquer d'une façon analogue le rire nerveux qui survient à la suite d'un danger, le rire accompagnant la lutte quand le corps est dans un état de défense générale, le rire des hystériques, enfin le rire dû au chatouillement.

3. *Chatouillement.* — Le rire dû au chatouillement n'est pas un simple réflexe qui aurait son centre dans les couches optiques; il n'est pas dû non plus uniquement à une excitation des muscles respiratoires résultant de la « diffusion dans le bulbe des excitations d'origine tactile » (Piderit). Le processus en est beaucoup plus complexe. Il présente au moins trois phénomènes superposés : 1° excitation transmise aux couches optiques, et de là à l'écorce par le chatouillement lui-même; cette excitation suffirait à produire les réflexes vaso-moteurs, respiratoires, musculaires qui constituent le rire dynamogène; c'est cette excitation qui donne à ce rire le caractère du rire épileptique; 2° fatigue des centres moteurs volontaires due à l'état de défense généralisée; 3° désarroi mental analogue à celui du rire « psychique ». Les mouvements de défense incohérents qui répondent à l'excitation extérieure sont dus à des impulsions désordonnées qui se succèdent rapidement. Parmi les courants corticaux d'où procèdent ces impulsions, il en est qui se contrarient. Il se produit alors dans la zone motrice des interférences fugitives, mais répétées, se traduisant par autant de petits rires saccadés.

Ce rire est donc dans une certaine mesure d'origine psychique; c'est pourquoi on a pu remarquer que l'enfant rit davantage si l'on « fait mine » de le chatouiller quand il est habillé, s'il est amusé par le jeu, s'il connaît la personne qui joue avec lui, etc.

§ 4. — Le rire psychique est-il « le propre de l'homme » ?

Si le rire *psychique* ou *intellectuel* est dû, comme nous venons de le voir, à une accumulation du flux nerveux dans le lobe préfrontal, accumulation provoquée par une suspension de l'impulsion volontaire, autrement dit par une sorte d'interférence dans la zone psycho-motrice, ce phénomène doit dépendre : 1° du développement du lobe préfrontal et de son faisceau psychique; 2° du développement des faisceaux d'association et de leur disposition par rapport au lobe préfrontal et à la zone motrice. Il faut étudier à ce point de vue l'évolution du cerveau des Mammifères, puis l'évolution du cerveau de l'enfant, et voir si l'apparition du rire est liée chez eux à ces deux conditions anatomiques.

1. *Évolution du cerveau des Mammifères : apparition du rire chez les Primates.* — Depuis les recherches de Flechsig, on sait que tous les Mammifères inférieurs aux Carnassiers sont à peu près dépourvus de faisceaux d'association. Chez les Carnassiers, les centres d'association arrivent à un certain développement; chez les Singes supérieurs, ils atteignent un développement égal à celui des centres de projection; enfin, chez l'homme, les centres d'association occupent les deux tiers de la surface des hémisphères cérébraux. Or, chez aucun mammifère, sauf les chiens et les singes anthropoïdes, on n'a remarqué le moindre rudiment du rire. Certains observateurs ont cru reconnaître dans le rictus du chien, lorsqu'on le chatouille sous l'aisselle, une grimace analogue au rire; je ne par-

Digitized by Google

tage pas cet avis : cette contraction musculaire n'a pas plus de signification que le rictus qu'il présente lorsqu'il se gratte. Par contre, l'aboiement spasmodique du chien avec mouvement de la queue est une explosion dynamogène analogue à celle des enfants qui jouent au grand air et courent en poussant des cris. L'état actif des muscles respiratoires chez le chien explique ce phénomène. Ce n'est pas encore le rire proprement dit. Celui-ci pourtant est bien près d'apparaître chez cet animal. J'ai observé à plusieurs reprises, chez un fox-terrier, lorsqu'il jouait avec un tout jeune chat qu'il faisait mine de prendre dans sa gueule et de relâcher aussitôt, un regard amusé et ironique très analogue à celui d'une personne qui « joue un bon tour ». Ce n'est pas encore le sourire, c'est une expression qui s'en rapproche. Il y a là un phénomène mental facile à analyser : 1° état émotif joyeux provoqué chez un chien chasseur par la vue de l'animal à saisir; 2° travail mental aboutissant à une suspension de l'acte. De quelle nature peut être ce travail mental, pendant que le chien fait mine de prendre et de relâcher son petit compagnon de jeu? Il y a sûrement courants contrariés dans les faisceaux d'association; il y a peut-être commencement d'inhibition dans la zone motrice; mais il n'y a pas passage violent de l'influx nerveux du lobe frontal dans les couches optiques. D'abord, la zone motrice ne joue pas un rôle aussi nécessaire chez le chien que chez l'homme. Vulpian a démontré expérimentalement que, chez cet animal, la protubérance suffit à commander à des actes déjà compliqués; mais, en outre, l'insuffisance anatomique du lobe frontal rend impossible toute accumulation du flux nerveux de ce côté.

Une ébauche du rire a été observée chez les singes anthropoïdes. Chez ceux-ci, les faisceaux d'association prennent un développement important; en outre, le lobe frontal acquiert un volume supérieur à celui de tous les autres mammifères, et, pendant le jeune âge, il tend à ressembler à celui des hommes inférieurs; il subit ensuite une régression. C'est chez le jeune chimpanzé que le sillon de Rolando est le plus profondément marqué. Voilà pour l'anatomie.

Or Darwin a remarqué qu'un jeune chimpanzé, lorsqu'on le chatouille sous les aisselles, fait entendre un gloussement accompagné d'une rétraction des coins de la bouche et d'un plissement des paupières inférieures; même observation sur de jeunes orangs.

Le Dr Louis Robinson, provoquant chez un chimpanzé le rire par chatouillement, constatait que l'animal se roulait sur le dos en montrant toutes ses dents et réagissait comme l'enfant par des mouvements défensifs.

Ce rire disparaît avec l'âge; cette disparition est certainement liée à la régression du lobe frontal (le lobe occipital va, au contraire, en se développant).

Nous voyons donc, chez les animaux dont les faisceaux d'association sont suffisamment développés, et disposés d'une façon analogue à ceux de l'homme, le rire n'apparaître qu'avec le lobe préfrontal. Chez l'enfant, au contraire, le lobe préfrontal est suffisamment développé au moment de la naissance, ses relations existent avec la partie antérieure du thalamus, le pleurer est possible; mais le rire n'apparaît qu'avec la myélinisation des faisceaux d'association.

2. *Évolution du cerveau de l'enfant.* — Au moment de la naissance, l'écorce cérébrale est formée, les centres corticaux sont prêts à fonctionner, les fibres sensitives et sensorielles qui amènent aux hémisphères les impressions extérieures sont déjà revêtues de leur gaîne de myéline; il n'en est pas de même des fibres motrices, ni des fibres d'association. Toutefois, les fibres centrifuges sont myélinisées *un mois* après la naissance. A cette époque, les centres de projection fonctionnent seuls; les centres d'association, comme dit Van Gehuchten, « sont encore endormis », et « le cerveau de l'enfant est, au point de vue fonctionnel, dans le même état que le cerveau de l'adulte sur lequel on aurait séparé complètement, par une section faite circulairement autour de chacune des sphères sensorielles, les centres de projection des centres d'association[1] ».

Au commencement du *deuxième mois* après la naissance, on voit des fibres myélinisées réunir les sphères sensorielles aux centres d'association. A mesure que les faisceaux aboutissant au centre antérieur ou lobe préfrontal se myélinisent, la coordination des idées devient possible. La myélinisation se continue longtemps entre les centres d'association et ceux de projection.

Or voici, d'autre part, ce qu'a observé Darwin : Chez deux de ses enfants, le sourire se montra le quarante-cinquième jour, chez le troisième, un peu plus tôt. Non seulement les coins de la bouche étaient relevés, mais les yeux brillaient et les paupières étaient à demi fermées. Les circonstances permettaient de supposer un état émotif joyeux. Il ne faut pas confondre, en effet, le sourire avec le rictus qui correspond à quelque malaise; aussi je ne cite que des observations de sourires parfaitement caractérisés. Les mères intelligentes savent très bien distinguer ces expressions différentes. Deux d'entre elles m'ont affirmé que leur enfant avait souri pour la première fois vers l'âge de cinq à six semaines, mais que, dès la seconde semaine, elles avaient con-

[1] Van Gehuchten : *Anatomie du système nerveux.*

Digitized by Google

staté un rictus qui aurait pu tromper les observateurs superficiels, et qui était pourtant une grimace douloureuse. Aussi ne faut-il pas laisser passer sans scepticisme des observations comme celle de Preyer, qui vit les mouvements des coins de la bouche, accompagnés par la formation de fossettes sur la joue, se montrer dès la deuxième semaine, dans l'état de veille *et dans le sommeil.*

Ajoutons d'autres exemples : le Dr Champmys place le premier sourire dans la sixième semaine, Sigismund dans la septième semaine. Raulin affirme que tous les enfants de deux mois qu'il a observés riaient effectivement, soit qu'on les chatouillât, soit de plaisir, d'une manière plus ou moins nette suivant leur organisation.

Darwin dit ensuite que le sourire passe au rire d'une façon graduelle. Celui de ses enfants qui avait souri le quarante-cinquième jour eut une semaine plus tard un sourire plus net accompagné d'un léger « bêlement ». Ce n'est qu'à partir du cent-treizième jour que les sons devinrent saccadés. Un véritable rire de gaîté se produisit le cent-dixième jour chez un autre de ses enfants, quand on lui jetait un tablier sur la tête pour le retirer rapidement.

Or, dès la naissance, les relations de l'écorce et des couches optiques existent. Chez le nouveau-né, dit Flechsig, on voit que les faisceaux ou radiations du thalamus sont surtout en rapport avec l'écorce du cerveau antérieur. Ainsi, dès sa naissance, l'enfant pleure; mais le sourire, puis le rire n'apparaissent qu'au fur et à mesure que les faisceaux d'association se myélinisent et entrent en fonction. A partir de ce moment, les courants nerveux arrivent jusqu'au lobe préfrontal, le rire joyeux est possible; ce n'est que vers trois ou quatre mois (cent dix ou cent treize jours d'après Darwin) que le rire psychique provoqué par le jeu apparaît. A ce moment, les principaux faisceaux d'association sont myélinisés, les courants nerveux parcourent les hémisphères dans tous les sens et les phénomènes décrits plus haut peuvent commencer à se produire.

IV. — Conclusion.

En résumé, le rire joyeux, le rire pathologique et le rire psychique sont une seule et même réaction émotive, déterminée par *le passage violent de l'impulsus nerveux par la voie fronto-thalamo-bulbaire.* Mais ce qui, dans *le rire joyeux*, est un phénomène très simple : excitation générale de l'écorce et écoulement du trop plein de flux nerveux par cette voie, est plus complexe dans les deux autres cas. Dans *le rire pathologique d'origine corticale*, c'est la lésion des centres moteurs qui détermine la déviation complète du courant nerveux par la voie fronto-thalamique; dans *le rire psychique*, c'est, selon moi, la superposition de deux concepts inconciliables qui provoque une suspension de l'impulsion volontaire, une *interférence* dans la zone motrice, et le flux nerveux accumulé alors dans le lobe frontal s'échappe par la voie fronto-thalamique. C'est pourquoi le rire psychique, lorsqu'il est produit dans toute son ampleur par une discordance bien caractérisée, est plus violent et incoercible que le rire joyeux et ressemble beaucoup plus au rire pathologique. Il y a cependant, entre le rire psychique et le rire pathologique, une différence de degré, qu'il nous reste à expliquer.

En effet, le rire psychique, si exagéré qu'il soit, est limité, peu durable en comparaison du rire pathologique, et produit une impression de soulagement, tandis que le rire pathologique est une réaction immodérée, interminable et extrêmement fatigante. On connaît le cas du malade hémiplégique cité par Brissaud : « Son intelligence, cependant, est intacte et il se rend compte de la venue de ses crises avec... chagrin. Mais c'est un rieur, un rieur à grands accès. Le seul mot de « rire »... le fait éclater et il est incapable de se maîtriser. Il rit « à étouffer, sans métaphore ». Tous les rires pathologiques par lésion des voies motrices offrent ce caractère.

C'est que l'ébranlement nerveux, provoqué si brusquement dans les noyaux du thalamus, ne se propage pas seulement au bulbe; il se propage en tous sens dans le thalamus lui-même, aucun organe nerveux ne contenant autant de cellules multipolaires que les couches optiques. Il n'est donc pas étonnant que la couronne rayonnante ramène des ondes nerveuses à l'écorce, mais par une voie plus étendue, plus dispersée qu'auparavant. C'est comme une trombe qui lui reviendrait en pluie. Cette excitation générale de l'écorce entretient le rire. Mais, dans le cas pathologique où les voies motrices sont lésées, le flux nerveux revenu ainsi à l'écorce recommence indéfiniment à s'échapper par le faisceau antérieur dans les couches optiques, et le malade « rit jusqu'à épuisement », victime de cette espèce de courant en circuit fermé qui n'est plus soumis à son contrôle. Dans le rire normal, au contraire, la pensée se ressaisissant peu à peu, après la surprise comique, le désarroi momentané, l'*interférence* cesse, et le courant nerveux finit par reprendre ses voies habituelles; il ne revient bientôt plus à l'écorce qu'une excitation de plus en plus légère, indéfinie, émoussée, laissant une impression finale de détente, de soulagement, de bien-être.

Madeleine Rudler.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Wallace (A. Russel), F. R. S. — **Is Mars habitable?** — 1 *vol. petit in-8° de* XII-110 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Brentano, éditeur. Paris, et Macmillan et Cie, éditeurs. Londres*, 1908.

Peu de problèmes philosophiques passionnent autant l'esprit humain que celui de l'habitabilité des mondes. La planète Mars, en particulier, a donné lieu, depuis plus d'un quart de siècle, à de nombreuses controverses scientifiques, et, récemment encore, l'éminent naturaliste anglais Alfred Russel Wallace a, dans un petit volume intitulé *Is Mars habitable?* discuté les conditions de ce globe voisin, tant au point de vue de l'Astronomie que de la Physiologie. C'est une réponse à la thèse de l'astronome américain Percival Lowell, qui, exposant, dans un ouvrage publié sous ce titre : *Mars and its canals*, le résultat de ses infatigables recherches, concluait que l'immense réseau géométrique de lignes fines qui enveloppe entièrement cette planète doit être considéré comme une œuvre artificielle, et qu'il s'agit là d'un merveilleux système de canaux ingénieusement construit par les Martiens dans le but de diriger la circulation de l'eau à la surface de leur patrie.

Une pareille conclusion, proclamée par un savant qui, depuis de longues années, se consacre spécialement à l'étude de Mars, et dont les belles découvertes astronomiques font le plus grand honneur à la Science, ne pouvait manquer de soulever d'ardentes polémiques. C'est ainsi que M. Wallace s'est fait un devoir de réfuter de point en point les arguments de M. Lowell, dans une analyse fort documentée et du plus haut intérêt, mais qui, sans doute, n'est pas non plus à l'abri de quelques objections. La principale est que l'auteur veut absolument expliquer les aspects étranges que nous observons à la surface de Mars en s'efforçant de les identifier avec les caractères dominants de la Terre et de la Lune. Et, d'autre part, il semble adopter la théorie météoritique de sir Norman Lockyer, d'après laquelle toutes les planètes n'auraient pas pour origine commune le refroidissement et la condensation d'une immense nébuleuse (hypothèse nébulaire de Laplace). Le système solaire se serait formé au sein d'une nébuleuse en spirale, composée d'une infinité de corpuscules météoriques, et les planètes se seraient constituées par agrégation, autour de nœuds existant dans cette nébuleuse, aux points où un grand nombre de particules météoriques se seraient groupées, près des intersections de leurs orbites. Ces groupes de météorites, déjà très denses, auraient encore été resserrés par l'attraction, et échauffés par la contraction, par la pression et par les chocs résultant des chutes incessantes de matière cosmique sur les masses accumulées.

Or, dans cette hypothèse, la plupart des planètes auraient possédé, à une période quelconque de leur âge primordial, des caractères distinctifs, lesquels, semble-t-il, ont pu déterminer les différences essentielles que l'on observe d'une planète à l'autre. Par conséquent, la méthode par comparaison d'une analogie étroite entre plusieurs mondes ne peut pas être entièrement concluante. Il est même probable que nos meilleures théories ne peuvent s'appliquer aux conditions toutes spéciales de Mars, et que ce que nous imaginons de plus ingénieux comme explication est en complet désaccord avec la réalité.

Le livre de M. Wallace n'en est pas moins un document d'une haute valeur scientifique, parce qu'il résume les plus récentes théories en Astronomie, en Physique et en Géologie.

Suivant l'auteur, Mars offre une frappante analogie avec la Lune. Les taches rondes et sombres appelées *oasis* seraient d'anciens cratères qui, à une époque primitive, auraient livré passage aux gaz s'évadant de l'intérieur de la planète. Ceux-ci auraient, par de formidables explosions, brisé en un grand nombre de points l'écorce solide qui les emprisonnait, et, autour de ces ouvertures, d'immenses crevasses se seraient formées. Ces fissures se seraient graduellement élargies à mesure que le refroidissement de Mars augmentait et que la contraction du globe devenait plus forte. En résumé, les canaux seraient simplement d'énormes crevasses, et les oasis des points d'éclatement, c'est-à-dire de faible résistance, dans la croûte de nature essentiellement volcanique de la surface martienne.

Les aspects si curieux que nous observons sur Mars devraient donc, dans cette hypothèse, être considérés comme la conséquence d'une évolution planétaire naturelle, excluant l'idée d'une œuvre artificielle.

En aucun cas, M. Wallace n'admet la théorie de M. Lowell, et il déclare que, en raison de sa très basse température, résultant de l'effet combiné de son éloignement du Soleil et de l'extrême ténuité de son atmosphère, et aussi à cause de l'absence de la vapeur d'eau, non seulement rien ne prouve que Mars soit habité, mais, au contraire, tout s'accorde pour établir qu'il n'est pas habitable.

Cette conclusion ne doit pas surprendre les lecteurs de *Man's place in the Universe*, l'un des derniers ouvrages du célèbre naturaliste anglais, dans lequel l'auteur prétend démontrer que le Soleil n'a pas d'autre fonction que d'illuminer et de féconder la Terre, et que notre planète, au centre de l'Univers, est le seul monde habité.

Quelle que soit l'admiration que ne peuvent manquer d'inspirer l'œuvre considérable et la belle carrière scientifique de A. R. Wallace (qui vient d'entrer dans sa quatre-vingt-sixième année), ses conclusions sur Mars sont véritablement très discutables.

Loin de ressembler à la Lune, comme l'imagine le savant naturaliste anglais, Mars nous offre des saisons d'une grande intensité, au point de vue de la variation des neiges polaires des deux hémisphères; et, d'autre part, les changements constatés si souvent dans ses aspects topographiques plaident tous en faveur d'une vitalité au moins égale à celle de notre propre planète.

G. Renaudot.

P.-S. — Le Professeur Lowell vient de répondre à quelques-unes des objections de l'illustre naturaliste anglais Russel Wallace.

Celui-ci adopte les évaluations de miss Clerke, qui attribuait aux caps polaires martiens une étendue maximum d'environ 3.862.356 kilomètres carrés, et estimait à 5 centimètres l'épaisseur moyenne de la couche d'eau résultant de la fonte des neiges polaires et qui alimente les canaux ainsi que les différentes contrées de la planète. Or, d'après M. Lowell, le cap polaire austral s'étend en moyenne jusqu'à 36°5 de latitude et couvre, par conséquent, une surface de 18.233.540 kilomètres carrés, soit une aire près de cinq fois plus vaste que celle indiquée par les chiffres de la savante astronome. En outre, miss Clerke, considérant les taches sombres ou oasis comme des lacs remplis d'eau appartenant au système des canaux, évaluait à 27.357.355 kilomètres carrés la superficie totale de ce réseau aquatique, alors qu'elle n'est, tout compris,

Digitized by Google

oasis et canaux, que de 7.644.247 kilomètres carrés, suivant les mesures prises par M. Lowell. Il convient d'ajouter que tous les canaux ne sont pas alimentés en même temps, les uns bénéficiant de la fusion des neiges du cap polaire austral, et les autres de la fonte des neiges polaires boréales, en sorte que l'épaisseur d'eau recouvrant les terrains affectés par l'inondation, au printemps de chaque hémisphère, ne serait pas de 5 centimètres, mais d'au moins 75 centimètres.

En ce qui concerne la température du monde martien, M. Lowell fait remarquer que, contrairement à l'opinion du Professeur Poynting, il a, dans ses recherches, tenu compte de l'influence de l'atmosphère sur la distribution et la conservation de la chaleur à la surface des corps planétaires, et que ses conclusions sont basées, non sur des hypothèses, mais sur une comparaison logique des phénomènes observés sur la Terre même, par un ciel clair et par un ciel nuageux. De plus, le Dr Wallace, qui compare Mars à la Lune, semble ignorer que la température de notre satellite, déterminée avec le bolomètre par le Professeur Very, s'élève pendant le jour lunaire à 180° centigrades au-dessus de zéro, et que les résultats obtenus par ce savant s'accordent parfaitement avec ceux de M. Lowell, qui, d'autre part, trouve inadmissible la théorie de Chamberlin, également adoptée par M. Russel Wallace, et d'après laquelle le globe martien aurait perdu sa chaleur interne dans la période de sa contraction, puis aurait subi plus tard un bombardement de météorites assez violent pour échauffer les couches supérieures de sa surface, car on peut prouver que Mars ne pourrait avoir capturé aucun essaim météorique ne gravitant pas dans sa propre orbite à l'époque de sa condensation planétaire, et que toute météorite rencontrée dans la suite par le passage d'un essaim n'aurait apporté qu'une quantité de matière tout à fait insignifiante. Un effet analogue aurait été plus prononcé sur la Terre, puisque sa masse est plus forte, et l'on n'en constate aucune trace. Les diverses objections de M. Wallace ne seraient donc pas fondées. G. R.

2° Sciences physiques

Shaw (W. N.), *Directeur de l'Office météorologique de Londres.* — **Air currents and the laws of Ventilation** (Les courants d'air et les lois de la ventilation). — 1 *vol. in*-12° *de* xii-94 *pages avec* 34 *figures. Cambrigde University Press Warehouse, C. F. Clay Manager*, 1908.

Ce petit livre, qui appartient à la *Cambridge Physical Series*, représente un ensemble de conférences faites en 1903 à Emmanuel College, dont l'auteur est *Honorary fellow*. Il traite d'un sujet fort peu connu en général, aussi bien des architectes et des ingénieurs que des gens du monde; son intérêt n'est donc pas niable.

La respiration de l'homme sain *viciant* l'air par la production de l'anhydride carbonique (et d'autres produits volatils mal connus) en même temps qu'elle l'*échauffe*, la ventilation — c'est-à-dire le renouvellement de l'air expiré chaud par de l'air pur et frais — est une nécessité impérieuse lorsqu'il s'agit de salles fréquentées par un public nombreux. Le renouvellement de l'air peut être assuré par des courants d'air qui s'établissent d'eux-mêmes automatiquement ou que l'on produit mécaniquement; le premier cas est celui des appartements, le dernier est celui des salles encombrées — salles d'écoles, salles de conférences, salles de spectacles, bourses de commerce, chambres de députés, etc., — le seul, au fond, véritablement intéressant.

Puisque le *courant d'air* est l'agent de la ventilation, il convient d'abord d'étudier les lois physiques auxquelles il obéit; aussi le premier des trois chapitres très inégaux qui composent le livre en question pourrait-il s'intituler : *la physique des courants d'air*. M. Shaw montre qu'un *circuit d'air* est absolument l'analogue d'un circuit électrique : la force électromotrice du second est remplacée par la *force aéromotrice* H du premier, laquelle se mesure par la hauteur d'air (ou d'eau) nécessaire pour obliger l'unité de masse d'air à vaincre la résistance offerte par le circuit d'air. De même que l'intensité du courant électrique est la même en tous les points d'un circuit non ramifié, de même (loi I) la quantité d'air passant à chaque instant à travers deux sections orthogonales d'un circuit d'air non ramifié doit être la même.

Dans un circuit d'air, il y a une *résistance pneumatique* R analogue à la résistance électrique et un *flux* V qui est l'analogue du flux électrique (intensité de courant). Une première différence est que la loi d'Ohm (qui exprime que, dans une résistance fixe, la force électromotrice est proportionnelle au flux électrique : $E = RI$) est remplacée par une loi de même forme : $H = RV^2$ (loi II), qui exprime que, dans une résistance pneumatique fixe, la force aéromotrice est proportionnelle au *carré* du flux d'air V.

Il y a une seconde différence plus profonde que la précédente. Pratiquement, un circuit d'air doit commencer et finir dans l'air extérieur; il peut être regardé comme composé d'un canal d'entrée et d'un canal de sortie séparant l'air extérieur de l'espace ventilé, où la circulation est maintenue par une ou plusieurs forces aéromotrices. Le circuit est dit *simple* s'il y a une entrée, une sortie et une force aéromotrice uniques. Alors que la résistance électrique est offerte par toutes les portions du conducteur traversées par le courant, nous devons considérer le circuit d'air simple comme formé de deux résistances séparées, l'entrée et la sortie, chacune de ces parties du circuit ayant une résistance, tandis que l'espace d'air intermédiaire n'en a pratiquement aucune. Une résistance pneumatique peut être remplacée par une ouverture en mince paroi, la loi $H = RV^2$ étant rigoureusement exacte dans ce cas; pour des ouvertures quelconques en mince paroi, la résistance pneumatique est en raison inverse du *carré* de la section S de l'ouverture, c'est-à-dire de la quatrième puissance du rayon s'il s'agit d'une ouverture circulaire.

L'entrée et la sortie d'un circuit d'air simple sont deux résistances pneumatiques *en série*; quel que soit le nombre des résistances en série que présente un circuit d'air non ramifié, on démontre aisément (loi III) que la résistance totale du circuit est la somme de toutes les résistances en série.

Dans le cas de résistances pneumatiques *en parallèle*, on aboutit à la proposition suivante (loi IV) : l'effet combiné de canaux en parallèle est le même que celui d'un canal unique dont l'orifice en mince paroi équivaut à une surface égale à la somme des surfaces des orifices en mince paroi équivalents aux canaux séparés.

Les différences que présentent avec les lois électriques correspondantes les relations $H = RV^2$, $R = \frac{k}{S^4}$ et la loi des résistances parallèles sont l'occasion d'erreurs aisément rectifiables, dont au début on a quelque peine à se garder.

La vérification expérimentale des lois précédentes a conduit M. Shaw à la construction de deux appareils, aisés à reproduire dans les laboratoires de Physique, qui sont les analogues pneumatiques du pont de Wheatstone et de la comparaison des forces électromotrices des piles par la méthode de compensation.

Les lois physiques des courants d'air ainsi connues, comment se rendre compte de la ventilation d'un édifice donné? L'idée de l'auteur est la suivante : il faut d'abord étudier, à l'aide d'instruments très simples qu'il décrit, les éléments caractéristiques des courants d'air qui circulent dans l'édifice en question; on note également les forces aéromotrices qui les produisent et les résistances pneumatiques surmontées par les courants. Cela fait, on assimile les courants d'air à des courants électriques, et on écrit pour les premiers les relations qui sont les analogues des lois de Kirchhoff pour les seconds.

L'étendue, déjà considérable, de ce compte rendu ne

Digitized by Google

nous permet pas d'insister autant qu'il serait désirable sur toute une série de points intéressants abordés par l'auteur : étude des principales forces aéromotrices naturelles ou artificielles, éléments exigés pour la ventilation d'une salle, discussion du schéma d'une cellule de ventilation, etc. En ce qui concerne la ration de ventilation par personne et par heure, M. Shaw admet comme désirable le chiffre de 100 mètres cubes, qui nous paraît dépasser de beaucoup ce qui est pratiquement suffisant.

Quant aux systèmes de ventilation proprement dits, le plus simple et peut-être le plus efficace paraît être le système de *ventilation transversale* : l'air, puisé au dehors et chauffé s'il est nécessaire, étant distribué au moyen de tubes percés de trous qui parcourent comme une rampe de gaz l'un des côtés de la salle à ventiler, tandis qu'une rampe analogue, reliée à un orifice de sortie, permet à l'air vicié de partir. Pour déterminer le mouvement de l'air vicié par ventilation transversale, on peut employer trois moyens : ou bien mettre un ventilateur d'aspiration à l'orifice de sortie : — c'est le système du *vide* —; ou bien mettre un ventilateur de compression à l'orifice d entrée de l'air : — c'est le systéme du *plein* —; ou bien mettre un ventilateur d'aspiration dans l'orifice de sortie et un ventilateur de compression dans l'orifice d'entrée et régler les résistances pneumatiques de l'entrée et de la sortie de telle façon que la pression de l'espace ventilé soit égale à la pression extérieure : — c'est ce que l'auteur appelle le système du *potentiel zéro*, — système qu'il préconise parce qu'il réduit à néant le rôle des fentes des portes et des fenêtres et qu'il permet d'ouvrir à volonté ces ouvertures sans que le régime de l'espace ventilé en soit troublé; il en serait, au contraire, tout autrement avec les systèmes du vide et du plein.

Ce qui précède montre que le petit livre de M. Shaw est d'une lecture attachante, qu'il contient un très grand nombre de renseignements utiles et peu connus et que l'auteur a donné à la question qu'il a traitée une forme pleine d'originalité. E. MATHIAS.

Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Truchot (P.), *Chef de Laboratoire à la Société française des Pyrites de Huelva.* — **Les Pyrites.** — 1 *vol. in-8° de 348 pages avec 78 figures.* (*Prix* : 9 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris,* 1908.

On sait le rôle considérable que jouent les pyrites dans la métallurgie du cuivre et dans l'industrie de l'acide sulfurique. C'est surtout en vue de ces deux applications qu'a été écrit l'ouvrage de M. Truchot. Ce livre, très documenté, s'adresse donc plus particulièrement aux mineurs et métallurgistes ainsi qu'aux nombreux fabricants d'acide sulfurique. Les premiers y trouveront traités : la minéralogie et la géologie des minerais pyriteux ou des minerais provenant de l'altération des pyrites, avec des cartes indiquant la répartition des nombreux gisements qui couvrent le globe, les méthodes hydrométallurgiques d'extraction du cuivre et le fonctionnement du Water-Jacket. Les chimistes liront avec fruit les divers procédés de grillage des pyrites et les nouveaux fours créés à cet effet.

Des tableaux analytiques, minéralogiques et bibliographiques, accompagnés des différents rendements des minerais pyriteux, complètent ces données. Enfin, le quart de l'ouvrage est consacré à l'analyse complète des minerais pyriteux et de leurs produits.

Ce livre se recommande de lui-même à la lecture des praticiens parce que l'auteur est un homme de métier, ancien ingénieur des mines du Boléo, actuellement ingénieur aux mines de Huelva, et aussi parce que le plan en est clair et l'exposé agrémenté de détails historiques et économiques du plus haut intérêt.

Il est fâcheux que M. Truchot, à propos du dosage du soufre dans les pyrites, n'opère que sur un demi-gramme de matière, quantité bien faible — malgré tous les soins apportés à la prise de l'échantillon — pour représenter un lot qui peut atteindre quelques centaines de tonnes.

Le dosage colorimétrique du cuivre dans ses minerais, où l'on compare la couleur bleue qu'il donne en solution ammoniacale avec la couleur bleue d'une solution ammoniacale de cuivre titrée, ne saurait être recommandé non plus. Nous avons dû, nous-même, abandonner cette méthode après avoir observé qu'un certain nombre de sels, même incolores comme le sulfate de zinc, modifient ou atténuent la couleur bleue. La théorie de Jones, d'après laquelle la dissociation électrolytique, et par suite la coloration des sels, diminue d'autant plus qu'ils sont en présence d'un sel qui cristallise avec plus de molécules d'eau, semble expliquer ce phénomène.

Mais ce sont là des réserves secondaires qui n'enlèvent rien à la valeur du livre de M. Truchot.

A. HOLLARD,
Chef du Laboratoire central des Usines de la Cie française des Métaux.

3° Sciences naturelles

Martel (E.-A.), *Directeur de la Nature.* — **L'Evolution souterraine.** — 1 *vol. in-16, avec 80 figures, de la Bibliothèque de Philosophie scientifique.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Flammarion, éditeur. Paris,* 1908.

Ce nouveau livre de M. E.-A. Martel est la synthèse générale et philosophique de tous les travaux personnels, poursuivis pendant plus de vingt ans avec une admirable persévérance, qui l'ont amené à constituer une science complète, la Spéléologie, aux applications diverses et fécondes. Il est, en même temps, le fruit d'une très minutieuse et très complète érudition. Si nous ajoutons qu'il renferme une illustration exceptionnellement développée, nous en aurons déjà fait comprendre l'intérêt. Le grand mérite scientifique de M. Martel a été de remplacer toute une série d'inductions fantaisistes, de récits romanesques et de généralisations inexactes, par l'observation directe, d' « aller voir » et de voir bien, là où l'on se contentait d'imaginer. C'est ainsi que les recherches dont il a été l'initiateur ont puissamment contribué à modifier et à préciser nos idées sur la circulation souterraine des eaux : un sujet des plus importants pour l'hygiène publique, pour les travaux profonds de tous genres et même pour les théories relatives au rôle des altérations secondaires dans la constitution des minerais, ou encore pour ce qui regarde la formation des incrustations filoniennes primitives. On trouvera, dans ce volume, le résumé condensé de ces recherches relatives à la circulation des eaux; et, si, sur quelques points de détail, il pourrait m'arriver d'être en désaccord avec l'auteur, — notamment, comme je vais le redire, sur la dessiccation très rapide de l'écorce terrestre envisagée comme un phénomène permanent et général, ou encore sur l'idée qui s'y rattache de nombreux gouffres sous-marins, indépendants du volcanisme, dans lesquels la mer pénétrerait d'une façon continue, — je suis entièrement d'accord avec lui sur tous les autres.

Citons, par exemple, comme un point capital désormais bien établi, l'inexactitude et, je dirais, le danger pratique de l'ancienne idée d'après laquelle il y aurait, en profondeur, des nappes poreuses continues; en réalité, à peu près partout, on observe une circulation localisée par fissures aquifères aboutissant parfois à de véritables rivières. On peut également tenir pour démontré l'abandon des thalwegs aériens au profit des canaux souterrains et la descente progressive de ces canaux depuis le commencement du creusement de nos vallées. Il est incontestable que le niveau hydrostatique s'abaisse, de tous côtés, par l'effet progressif de l'érosion qui use les reliefs et que cet abaissement entraîne celui des surfaces aquifères souterraines, avec une rapidité qui a du être maxima lorsque ce relief était maximum après les derniers grands sou-

Digitized by Google

lèvements tertiaires et qui a dû aller depuis lors en diminuant, le phénomène s'atténuant par ses propres effets. Là où nous différons d'avis avec l'auteur, c'est lorsqu'il prend comme preuve et presque comme mesure de la dessiccation l'appauvrissement constaté en France depuis une vingtaine d'années, où les précipitations neigeuses ont été insignifiantes, dans nos cours d'eau ou nos puits. L'intensité même du phénomène actuel et la rapidité avec laquelle il nous aurait depuis longtemps privés d'eau s'il s'était poursuivi depuis quelques milliers d'années dans les mêmes conditions, me paraît un indice suffisant que la manifestation actuelle est accidentelle et soumise à récurrences. L'eau visible à la surface peut changer de place et de régime; je crois en somme sa réduction très lente. Une fois les surfaces aquifères souterraines ramenées un jour, si ce jour doit arriver, au niveau hydrostatique général de la mer, on ne voit pas que les oxydations profondes aient beauconp de chances pour diminuer d'une façon appréciable les réserves d'eau énormes que nous offrent les océans. Si cette oxydation était dès aujourd'hui intense, elle mettrait en liberté des torrents d'hydrogène dont nous ne voyons guère la trace. Et je ne me représente pas non plus l'eau superficielle s'engouffrant à jamais dans quelque abîme profond pour ne plus reparaître au jour. Le volcanisme en amène, au contraire, à la surface des quantités énormes qui, d'après des géologues éminents, viendraient même, pour la première fois, de la profondeur.

Laissant de côté cette petite controverse, à laquelle mon ami Martel m'a aimablement provoqué dans son livre, je m'associerai encore à lui pour le résumé lumineux où, à l'occasion des Troglodytes paléolithiques, il me paraît avoir très judicieusement remis au point certaines affirmations hasardées des préhistoriens. Traitant successivement une foule de questions passionnantes, dont l'adaptation des animaux cavernicoles à leur milieu est peut-être la plus curieuse, ce livre apportera certainement un succès nouveau à l'intéressante collection dans laquelle il a paru. L. DE LAUNAY,

Professeur à l'Ecole des Mines.

Wildeman (E. de), *Docteur ès sciences naturelles, Conservateur du Jardin botanique de l'Etat, à Bruxelles.* — **Les Plantes tropicales de grande culture.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 398 *pages, avec* 64 *photogr. et* 22 *pl.* (*Prix* : 10 *fr.*) *Challamel, éditeur, Paris*; *Castaigne, éditeur, Bruxelles*; 1908.

Il est superflu du faire l'éloge d'un livre qui porte la signature de M. de Wildeman. Tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent à l'Agronomie coloniale savent la sûre érudition, la prodigieuse documentation du botaniste belge; ses publications sont toujours une source inépuisable de renseignements, tant au point de vue de la science pure qu'à celui des applications.

Le volume que M. de Wildeman avait déjà fait paraître en 1902 sur *Les plantes tropicales de grande culture* avait été très favorablement accueilli.

Mais, à l'heure présente, sous la poussée des recherches entreprises de tous côtés dans les colonies et aussi dans les laboratoires, où l'on se livre de plus en plus activement à la déterminations des espèces utiles et à l'analyse de leurs produits, les traités d'agriculture tropicale vieillissent vite. Telle assertion qui était tenue hier pour exacte est reconnue une erreur aujourd'hui.

L'histoire des kolatiers, par exemple, a été, en ces dernières années, complètement renouvelée, et celui qui croirait la connaître d'après les ouvrages qui datent seulement de cinq ou six ans se ferait une grande illusion. Le commerce chaque jour grandissant des bananes a aussi donné aux bananiers, à leur culture et aux industries qui en dérivent, un intérêt avec lequel ne sont plus en rapport les brèves indications que fournissaient à ce sujet les mêmes traités. Enfin, sur toutes les plantes tropicales et leur exploitation, nos connaissances se précisent et s'étendent avec une incroyable rapidité.

Or, nul ne se tient mieux que M. de Wildeman au courant de ces progrès quotidiens; c'est donc une bonne fortune, pour tous ceux qui ne peuvent les suivre avec la même attention, de les trouver résumés dans des volumes comme cette seconde édition qui vient de paraître. Ce n'est, du reste, qu'un premier tome dans lequel M. de Wildeman traite du caféier, du cacaoyer, du kolatier, du vanillier et des bananiers. Ecrite plus spécialement pour le Congo belge, cette étude est précédée d'un « Coup d'œil sur la végétation de l'Afrique tropicale ».

Pour le caféier, le cacaoyer, le vanillier et le kolatier, M. de Wildeman énumère toutes les espèces ou variétés actuellement connues des genres *Coffea*, *Theobroma*, *Cola* et *Vanilla*, et nous renseigne sur la culture de chacune de ces plantes dans tous les pays chauds.

Le chapitre consacré au kolatier est une belle mise au point de l'état actuel de la question. Il en est de même pour le chapitre relatif aux bananiers; c'est l'histoire complète des *Musa* à fruits comestibles ou à filasse dans toutes les contrées où ils croissent ou sont cultivés.

On voit que c'est bien le commencement d'un magnifique et précieux traité d'Agriculture tropicale que M. de Wildeman offre aujourd'hui au public de plus en plus nombreux qui réclame les ouvrages de ce genre. HENRI JUMELLE,

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

4° Sciences médicales

Faivre (Dr Paul), *Inspecteur général adjoint des Services administratifs.* — **Prophylaxie internationale et nationale.** — 1 *vol. in-8° de* 195 *pages avec* 18 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Baillière et fils, éditeurs. Paris*, 1908.

Le livre que M. le Dr P. Faivre vient de consacrer à la Prophylaxie internationale et nationale va rendre les plus grands services, non seulement aux médecins sanitaires et à tous ceux qui, par profession, s'occupent d'Hygiène générale, mais encore aux fonctionnaires de tout ordre qui, soit dans les ports, soit sur les frontières de terre, ont mission d'appliquer, en temps d'épidémie, les lois et réglements en vigueur.

C'est l'exposé le plus clair et le plus complet des mesures administratives qui ont été préconisées pour prévenir les épidémies, et des différents moyens à l'aide desquels ces mesures sont appliquées.

Après un chapitre d'historique où sont relatés les travaux et les principales questions traitées par les Conférences internationales (notification des épidémies, mesures sanitaires au départ et à l'arrivée des navires ainsi que pendant la traversée, marchandises), l'auteur décrit la défense sanitaire de la mer Rouge, du pèlerinage de la Mecque et du golfe Persique. Il critique, avec l'autorité de l'hygiéniste qui s'est rendu compte, par lui-même et sur les lieux, du fonctionnement d'un organe sanitaire l'assimilation trop théorique qu'on a voulu faire entre la mer Rouge et le golfe Persique, assimilation qui a conduit à adopter un système à la fois inefficace et irréalisable. L'étude de l'administration sanitaire internationale termine la première partie du volume.

La seconde, la plus importante, est consacrée à l'exposé des moyens de protection des frontières de terre et de mer. Elle se termine par le plan actuel de défense de notre frontière du Nord et de l'Est. Les développements et les commentaires dont M. Faivre a su accompagner les différents règlements, les cartes et les figures dont le texte est illustré, rendent l'étude de ces mesures administratives extrêmement claire et profitable. L'auteur a, croyons-nous, rendu un notable service à l'hygiène en consacrant ses efforts et son expérience à une question d'importance aussi vitale pour la santé publique. R. WURTZ,

Membre du Conseil supérieur d'Hygiène.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mai 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. P. Zervos**, en se servant d'une méthode indiquée par M. Goursat, a fait une étude très avancée du problème de Monge. — **M. L. Bachelier** donne une solution complète et définitive du problème général des probabilités dans les épreuves répétées.

2° Sciences physiques. — **M. W. Duane** montre que les rayons α du radium perdent leur pouvoir de produire des rayons secondaires à peu près au même point où s'arrêtent leurs effets ionisant, photographique et phosphorescent. — **MM. C. E. Guye** et **A. Bron** ont obtenu des arcs alternatifs entre métaux d'une extrême stabilité, en disposant d'une énorme réserve de tension à circuit ouvert et portant les électrodes à une température voisine de leur point de fusion. Alors la différence de potentiel tend vers une limite inférieure à peu près la même quel que soit le métal. — **M. G. A. Hemsalech** confirme l'existence d'harmoniques dans l'étincelle de self-induction; celles-ci prennent naissance dans la bobine de self insérée dans le circuit de décharge du condensateur. — **M. A. Karl** a reconnu que la triboluminescence exige, pour se produire, la présence d'un diluant en grandes proportions et d'un triboluminogène en petite quantité. La triboluminescence obéit à des lois semblales à celles de la phosphorescence. — **M. H. Baubigny** montre que, dans l'action de l'acide iodique sur AgBr en solution ammoniacale à 100°, AzH^3 est oxydé en donnant H^2O, Az et AzH^4I; ce dernier, en réagissant sur AgBr, donne AgI; il ne se forme pas de bromate. — **MM. H. Henriet** et **M. Bouyssy** : Sur une méthode volumétrique permettant le dosage simultané de CO^2 et des autres acides de l'air. On en trouvera la description dans un article des deux auteurs que la *Revue* publiera prochainement. — **M. F. Bourion** décrit une méthode pour le dosage de l'acide tungstique et sa séparation des autres corps, reposant sur l'entraînement de Tu à l'état d'oxychlorure par un mélange de Cl et SCl^4. — **M. C. Gerber** montre qu'il existe une dose optima d'acide pour laquelle les présures végétales sont le plus actives; au-dessous et au-dessus de cette dose, elles agissent plus lentement.

3° Sciences naturelles. — **M. M. Ménard** montre que, dans l'état actuel de la Science, il est impossible de faire par la radiographie des organes abdominaux le diagnostic de la mort réelle. — **MM. A. Calmette, L. Massol** et **C. Guérin** ont constaté que l'infection tuberculeuse expérimentale réalisée par voie veineuse provoque une décharge de lécithine dans le sérum chaque fois que la température de l'animal s'abaisse; cette lécithine disparaît pendant les périodes fébriles. L'injection intra-veineuse de tuberculine chez un bovidé sain, répétée deux fois à cinq jours d'intervalle, produit le même résultat; après la seconde injection, son sérum devient fortement activant pour le venin de cobra pendant huit jours. — **M. C. Fleig** a observé que l'action des sérums à minéralisation complexe sur le sang et la circulation montre leur supériorité sur l'eau salée simple. — **M. L. Camus** a constaté que le sérum qui détruit le virus-vaccin, chauffé à 72°, conserve son action anti-virulente, mais perd son action bactéricide sur les germes adventices et devient même apte à favoriser le développement microbien. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont reconnu que le chat est sensible au virus syphilitique et qu'il contracte une kératite spécifique riche en *Treponema pallidum*. — **M. P. Hallez** montre que l'intestin des Rhabdocœles est chez l'embryon un organe massif, chez l'adulte un plasmode comme chez les Acœles; une lumière n'en existe pas moins chez l'adulte, mais elle est une simple vacuole du syncitium. — **M. A. Lacroix** a observé l'éruption récente de l'Etna; elle a été très brève et peu intense. La fente de coulée est sur le flanc sud-est; la lave appartient au type fragmentaire scoriacé; les fumerolles sont très rares. — **M. P. Lemoine** a étudié les différents niveaux d'alluvions anciennes qui se trouvent au confluent de l'Yonne et de la Cure. — **M. F. Dienert** signale deux causes d'erreurs dans les expériences à la fluoresceïne sur les eaux souterraines : 1° l'existence dans certaines d'entre elles d'une substance fluorescente naturelle bleu-verdâtre, provenant du ruissellement superficiel; 2° la faible vitesse de certains courants souterrains. — **M. O. Mengel** a déterminé la température des eaux thermales des Pyrénées-orientales et a trouvé des valeurs à peu près identiques à celles d'Anglada prises vers 1818-1833.

Séance du 1er Juin 1908.

1° Sciences physiques. — **M. Dumoulin** montre que le décalage des balais d'un alternateur auto-excité couplé en parallèle avec un réseau augmente l'amortissement des oscillations et facilite la marche en parallèle. — **MM. H. Buisson** et **Ch. Fabry** ont observé l'existence de deux régimes différents de l'arc au fer, l'un avec et l'autre sans la flamme positive. Le premier est stable pour un courant intense, le second pour un courant de faible intensité. — **M. D. E. Tsakalotos** déduit de l'étude des coefficients de viscosité qu'à l'état liquide il n'existe pas de combinaison entre l'acide formique et l'eau, tandis que les acides acétique, propionique et butyrique forment des combinaisons moléculaires. — **MM. Besson** et **Rosset**, en faisant réagir AzH^3 liquide sur une solution éthérée de chloroazoture de phosphore, ont obtenu le corps $PAz(AzH^2)^2$; avec AzH^3 aqueuse, il se forme un corps $P^2Az^2Cl^2(AzH^2)$. — **MM. V. Auger** et **P. Dupuis** ont préparé les éthers phosphoriques acides du gaïacol en faisant réagir $POCl^3$ à l'ébullition sur le gaïacol ou à froid en présence de pyridine, ou encore en saponifiant le phosphate neutre par NaOH. — **M. M. Tiffeneau**, par cyclisation de l'acide α-méthylgéranique, a obtenu le dihydromyrcène; l'acide αα-diméthylgéranique n'a pu être cyclisé. — **MM. A. Etard** et **A. Vila** montrent que les composés azotés provenant de la dissection des protoplasmides sont très peu abondants. Les précipités à poids atomiques élevés donnent une idée inexacte de la matière organique véritable qu'ils peuvent contenir.

2° Sciences naturelles. — **M. P. Fortin** décrit un nouvel instrument, l'entoptoscope, pour l'examen entoptique de la macula. C'est une sorte de lunette, contenant un prisme de Nicol, dirigée sur un écran éclairé par la lumière bleue des lampes à vapeur de mercure. — **M. Guyénot** présente un thermo-pulvérisateur permettant d'obtenir par l'air comprimé des pulvérisations d'eaux minérales et de solutions aqueuses jusqu'à 50°. — **M. F. Bordas** estime que la radiographie ne saurait être substituée à la docimasie pulmonaire hydrostatique pour savoir si un nouveau-né a respiré; sa seule utilité est de fournir un document photographique. — **M. Le Dentu** a étudié la pathogénie des difformités congénitales de la face : bec-de-lièvre et division du palais. Elles peuvent se transmettre en vertu d'une « hérédité similaire », qui persiste

Digitized by Google

quelquefois pendant trois ou quatre générations. — **MM. A. Breuil, L. Jammes** et **R. Jeannel** ont découvert une nouvelle galerie ornée dans la grotte du Portel (Ariège). Les peintures représentent des bisons, des chevaux et un renne. — **MM. R. Perrier** et **H. Fischer** ont étudié les glandes palléales de défense chez le *Scaphander lignarius*. Les unes sont les analogues des glandes qui sécrètent le liquide violet ou opalin des Aplysies; une autre glande, dite glande intrapalléale, est tout à fait nouvelle. — **M. J. Maheu** a produit expérimentalement des propagules chez quelques espèces de Mousses du genre *Barbula*, par culture dans un milieu confiné saturé de vapeur d'eau. Les propagules, protonémas, rhizoïdes, sont des homologues, passant de l'un à l'autre. — **M. P.-A. Dangeard** a observé, chez les *Chromulina*, un parasite saprophyte qui se loge dans la coque et que l'auteur nomme *Lecythodythes paradoxus*. — **M. H. Dunschmann** a constaté que le nutrose est un bon aliment pour le bacille typhique, mais n'en élève pas la récolte microbienne. Le taurocholate en favorise la croissance, le glycocholate la gêne; le vert malachite est antiseptique. — **M. A. Guillemard** a observé que l'addition de sulfates ou phosphates concentrés aux milieux de culture ne modifie pas le développement du bacille typhique, tandis qu'elle donne aux cultures de colibacille une forme floconneuse. — **M. J. de Lapparent** a reconnu que l'éruption des microgranites de la vallée de la Meuse est postérieure à celle des diabases, quoique à ce moment le magma des diabases n'était pas encore consolidé. Dans la zone du contact, le métasilicate normal est remplacé par de la biotite. — **M. V. Paquier** signale la présence de grès à Hippurites à Vence (Alpes-Maritimes), indiquant un mouvement de retrait sur le bord du géosynclinal alpin au début du Crétacé supérieur. — **M. E. Joleaud** montre que la région de Constantine n'a cessé d'être occupée par la mer jusqu'à l'Oligocène inférieur; dès l'Oligocène supérieur, les monts de la région ont acquis les traits essentiels de leur orographie. — **M. G. Eisenmenger** montre que la direction de l'écoulement actuel des eaux dans la vallée de Davos, au sud du lac, est l'inverse de ce qu'elle était autrefois, et que le lac de Davos n'est pas un lac de capture, mais un lac de barrage morainique. — **M. A. Lacroix** a observé à l'Etna des nuées volcaniques à tendance péléenne, mais moins opaques et plus lentes. Il a également constaté l'existence d'un champ de fractures au sud-est du cône terminal. — **MM. F. Diénert, A. Guillerd** et **Marrec** ont reconnu que l'acoustèle de Daguin, un peu modifié, peut servir à la recherche de l'eau là où il y a une petite chute d'eau dans une galerie souterraine, celle-ci servant de chambre de résonance. — **M. J. Thoulet** admet que les grains de quartz trouvés dans les fonds marins proviennent des continents et sont apportés par les vents sur la surface entière de l'Océan. — **M. A. Gaudry** déduit de l'étude des fossiles de Patagonie qu'il n'y a pas eu deux centres de création, l'un boréal, l'autre austral; mais, pendant les temps tertiaires, l'évolution a cessé d'avoir la même marche dans les deux hémisphères : dans l'un, elle a continué; dans l'autre, elle s'est arrêtée.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 26 Mai 1908.

M. L. Vaillard présente quelques observations sur l'*application du serum antitoxique à la prophylaxie du tétanos chez l'homme*. Il rappelle les excellents résultats obtenus chez les animaux : un seul cas de tétanos sur 16.917 animaux traités préventivement par le sérum. Chez l'homme, après une vogue passagère, le traitement préventif semble tomber en discrédit. L'auteur réfute les objections formulées contre les injections préventives et montre que les insuccès signalés ne représentent qu'une infinie proportion au regard des milliers d'injections pratiquées. D'ailleurs, le sérum ne préserve pas toujours et dans toutes les conditions : le sérum est simplement antitoxique, neutralisant le poison produit par le bacille; mais il n'est pas bactéricide : cette dernière œuvre est celle des phagocytes. Il faut injecter le sérum le plus tôt possible après le traumatisme et renouveler l'injection pendant tout le temps que le danger d'infection subsiste; l'emploi de sérum sec saupoudré sur la plaie est à rejeter. — **M. le Dr Castex** lit un Mémoire sur les méthodes actuelles de phonation et d'audition à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris. — **M. H. Vaquez** donne lecture d'un travail sur le traitement des épanchements gazeux récidivants par les injections gazeuses stérilisées. — **MM. L. Wickham** et **Degrais** lisent un travail sur le traitement par le radium de certaines cicatrices vicieuses (chéloïdes, acnées chéloïdiennes, écrouelles, brides saillantes).

Séance du 2 Juin 1908.

M. E. Lancereaux montre que l'artério-sclérose n'est pas une maladie de vieillesse, mais se développe dans l'âge moyen; elle cesse habituellement de s'accroître vers l'âge de soixante ans. Elle ne provient pas de l'abus prolongé des boissons alcooliques, ni de celui du tabac; pour l'auteur, elle relève surtout de la goutte et du saturnisme. Les agents les plus efficaces contre l'artério-sclérose sont l'iodure de potassium et l'iodo-thyrine. — **M. Ad. d'Espine** réfute l'accusation de plagiat portée contre J.-J. Rousseau, qui aurait, prétend-t-on, emprunté au « Traité de l'éducation corporelle des enfants en bas-âge » de Desessartz une partie des éléments d' « Emile ». — **M. le Dr Oddo** lit un travail sur le rhumatisme ankylosant et vertébral.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 23 Mai 1908.

M. H. Vaquez présente un appareil, qu'il nomme sphygmo-signal, permettant la mesure de la compression de l'humérale au bras nécessaire pour éteindre les battements de la radiale. — **M. F. Noc** a observé chez le *Macacus cynomolgus* un cas de dysenterie dû au *Balantidium coli*. — **M. Ch. Richet** a constaté que les chiens à long poil ont une température plus élevée d'environ un demi-degré que les chiens à poil ras. — **MM. J. Courmont** et **Lesieur** ont reconnu que, chez le cobaye, la réinoculation tuberculeuse, pratiquée plusieurs jours après l'inoculation, échoue totalement. Pendant ce temps, la première inoculation suit sa marche normale. — **MM. H. Roger** et **M. Garnier** confirment que le liquide stomacal, tel qu'il s'écoule dans le duodénum, est fort peu toxique, tandis que le liquide duodénal est très toxique. — **M. H. Piéron** a étudié les besoins respiratoires de quelques invertébrés marins en milieu clos. — **M. A. Besredka** a obtenu l'anaphylaxie lactique chez le cobaye; la substance sensibilisante du lait est thermostable. — **MM. A. Calmette** et **C. Guérin** montrent que l'ophtalmoréaction à la tuberculine observée chez des typhiques n'est pas constante et est toujours fugace. — **M. C. Chabrié** a reconnu que les poils de lapin blanc se laissent mieux traverser par la chaleur que les poils bruns. — **M. A. Petit** a observé que la bosse du zébu de Madagascar constitue un exemple remarquable d'adaptation d'un muscle (rhomboïde) à la fonction adipopexique. — **M. C. Champy** estime, d'après ses recherches sur les Batraciens anoures, que les substances phosphorées qu'élaborent les cellules interstitielles servent à la nutrition des spermatozoïdes déjà formés depuis quelque temps. — **M. E. Pozerski** a trouvé, dans le sérum des lapins préparés contre la papaïne, deux anticorps spécifiques : une sensibilisatrice et une précipitine. — **MM. Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont constaté que le sang rendu incoagulable par injection de peptone ou de sérum d'anguille est, suivant les conditions de l'expérience, privé ou non de globulins. — **M. Cl. Gautier** signale une nouvelle réaction colorée de la phlo-

Digitized by Google

roglucine et de l'orcine avec la *p*-diméthylaminobenzaldéhyde en présence d'HCl pur. — **MM. G. Dubreuil** et **Cl. Regaud** étudient les variations macroscopiques et microscopiques parallèles de la glande interstitielle dans l'ovaire de la lapine. — **M. C.-L. Gatin** a observé l'isomérisation du mannose en glucose sous l'influence d'un ferment soluble qui se trouve dans les graines de *Borassus flabelliformis* en germination. — **MM. J. Ville** et **E. Derrien** signalent de nouvelles réactions colorées des acides biliaires : rouge groseille avec la vanilline, rose éosine avec l'aldéhyde anisique. — **MM. J. E. Abelous** et **E. Bardier** ont reconnu que la substance hypertensive de l'urine humaine normale produit les mêmes effets que celle de l'extrait de muscle putréfié; elles sont probablement identiques. — **MM. J.-E. Abelous** et **H. Ribaut** ont isolé la substance hypertensive de l'extrait de muscle putréfié : c'est une base $C^6H^{11}AzO$, dont l'oxalate fond vers 170°. — **MM. E. Brissaud** et **Bauer** montrent que la ligature du cholédoque chez le lapin est habituellement suivie d'élimination d'urobiline ou d'urobilinogène par les urines, par suite de la diffusion des pigments biliaires dans le sang. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont constaté que l'atoxyl prévient et guérit la kératite syphilitique du lapin; il détruit complètement le tréponème, non pas directement, mais par l'intermédiaire de l'organisme.

Séance du 30 *Mai* 1908.

MM. A. Sartory et **Jourde** décrivent les caractères morphologiques et biologiques du *Sterigmatocystis fusca* Bainier. Inoculé dans la veine de l'oreille, il est pathogène pour le lapin. — **MM. J. Renaut** et **G. Dubreuil** ont étudié la chondrolyse axiale des travées directrices de l'ossification dans les os longs des Mammifères et l'ossification primaire à leur surface. — **MM. L. Le Sourd** et **Ph. Pagniez** montrent que les plaquettes sanguines peuvent, suivant les conditions où elles ont été isolées, présenter des propriétés identiques ou différentes de celles du sérum sanguin. — **MM. Léopold-Lévi** et **H. de Rothschild** signalent quelques cas où le traitement thyroïdien a agi avec une rapidité surprenante sur divers symptômes. — **MM. M. Doyon, Cl. Gautier** et **J. Mawas** ont constaté que la régénération de la fibrine, chez les animaux défibrinés, peut avoir lieu en l'absence de toute activité de la moelle osseuse et de la rate. — **M. G. Bohn** a observé de nombreux cas de fission longitudinale chez les *Anthea cereus*; ce phénomène provient d'une sensibilité extrême aux variations de l'éclairement et de l'état de pureté de l'eau. — **MM. M. Loeper** et **Ch. Esmonet** ont reconnu que la résorption digestive des ferments peptique et pancréatique produit, dans le sang, un abaissement suivi d'une grande élévation des leucocytes, un abaissement des hématies et un léger retard de la coagulation. — **M. G. Seillière** a trouvé, dans l'intestin du cobaye et du lapin, une diastase d'origine microbienne capable d'hydrolyser le xylane. — **M. E. Brumpt** a constaté que les Cestodes parasites d'animaux soumis à l'intoxication saturnine renferment du plomb, qui ne les tue pas, mais nuit à leur croissance et diminue la vitalité de leurs spermatozoïdes. **M. L. C. Maillard** décrit la technique chimique qui lui a permis de déceler une quantité notable de plomb chez les Cestodes des animaux saturnins. — **MM. P. Remlinger** et **O. Nouri** ont constaté que les moelles virulentes desséchées sur la potasse ou sur l'acide sulfurique perdent leur virulence au bout de quelques jours. — **M. A. Jousset** a observé que, dans l'infection tuberculeuse expérimentale, le bacille de Koch a une élection pour la zone sous-capsulaire du rein, où il produit une sclérose exclusivement marginale. — **MM. Ed. Lesné** et **L. Dreyfus** ont reconnu que l'hyperthermie augmente très faiblement ou pas du tout la résistance des animaux aux infections. — **M. H. Guilleminot** montre que les doses massives et les doses fractionnées de rayons X ont le même effet sur la cellule végétale à l'état de vie ralentie. — **M. H. Piéron** a observé que les Invertébrés marins menacés d'asphyxie tendent à sortir de l'eau où l'oxygène s'épuise, ou, s'ils ne le peuvent, adoptent un mode de vie ralentie. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont reconnu que, contrairement au revêtement cutané, la muqueuse génitale permet chez le lapin le développement du *Treponema pallidum*. — **M. P. Vigier** montre que les appendices piriformes des neurones jouent le rôle d'organes récepteurs, à conduction axipète, et ont la valeur de dendrites.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 11 *Mai* 1908.

M. A. Harter a fait l'autopsie d'un malade mort de blastomycose généralisée sous forme de nodules inflammatoires et d'abcès; la généralisation s'est faite par voie lymphatique presque exclusivement. — **M. M. Lucien** et **J. Parisot** estiment que l'athérome spontané, sans être exceptionnel, est cependant rare chez le lapin. Les lésions de l'athérome expérimental sont superposables à celles de l'athérome spontané, mais elles évoluent beaucoup plus rapidement. — **M. M. Lucien** signale la coïncidence très fréquente de l'hypertrophie du thymus avec une hyperplasie de toutes les autres formations lymphoïdes de l'organisme.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 7 *Mai* 1908.

MM. V. Babes et **Th. Mironesco** ont observé un cas de paralysie ascendante mortelle survenue après le traitement antirabique. — **M. G. Marinesco** estime que ces paralysies sont dues à la présence d'une substance toxique qui existe dans le matériel utilisé pour le traitement antirabique. — **M. J. Bruckner** a observé, chez une femme de soixante-quatorze ans, une série de périthéliomes sous-cutanés multiples, remarquables par la rapidité de leur évolution et leur bénignité. — Le même auteur décrit une modification pratique du procédé de Romanowsky pour colorer le sang et le *Treponema pallidum*. — **M. D. Danielopolu** signale un cas de bradycardie chez un cancéreux, dû à la compression du pneumogastrique droit par un ganglion calcifié. — Le même auteur, examinant quinze malades porteurs d'affections diverses de l'aorte et des artères, a obtenu onze fois une séro-réaction positive par la méthode de Wassermann, ce qui indique l'origine syphilitique de ces affections. — **MM. G. Marinesco** et **C. Parhon** montrent que l'origine spinale des fibres afférentes du ganglion cervical supérieur du grand sympathique se trouve dans un groupe de cellules qui commence au niveau de l'entre-croisement des pyramides et se continue sur toute la hauteur du premier myélotome cervical. — **M. D. Mezincesco** a trouvé dans l'intestin des moustiques « sauvages » deux trypanosomes : le *Crithidia fasciculata* et le *Trypanosoma Culici*. — **M. T. Vasiliu** propose de déterminer la quantité du contenu pleural en y introduisant une quantité connue de NaCl, laissant dissoudre, puis dosant NaCl dans un petit volume de liquide pleural. Il faut doser préalablement le NaCl normal de l'exsudat pleural.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 22 *Mai* 1908.

M. Rosenstiehl rend compte des observations qu'il a eu l'occasion de faire en vinifiant en grand des moûts de raisins stérilisés, pendant les années 1895-1905, et qui présentent de l'intérêt au point de vue chimique. Ces observations portent : 1° sur le rôle des cépages et des levures dans la formation du bouquet; 2° sur l'influence de la température de la stérilisation et de la fermentation; 3° sur le rôle de la fermentation de l'acide malique et de son dédoublement en acide carbonique et en acide lactique. M. Rosenstiehl confirme,

Digitized by Google

par ce travail exécuté en grand, les résultats de Maesslinger sur ce dernier sujet. En résumé, le vin apparaît, dans l'état actuel, comme le produit de deux fermentations tantôt successives, tantôt simultanées, qui, toutes deux, dégagent de l'acide carbonique : celle du sucre et celle de l'acide malique. Les deux fermentations sont l'œuvre d'au moins deux organismes : la levure elliptique et le *Micrococcus malolacticus*. En outre, le rôle de la levure n'est pas seulement de transformer le sucre en alcool, acide carbonique, acide succinique et glycérine, mais aussi de dédoubler une substance anthophore caractéristique de chaque cépage en produits odorants et volatils, qui sont les mêmes, au rendement près, quelle que soit l'origine de la levure anthogène. — **M. A. Colson** a constaté que le phosphore dissous dans l'essence de térébenthine s'oxyde rapidement au contact de l'air en même temps que le térébenthène. Ce phénomène d'entraînement, qu'il désigne sous le nom de semi-catalyse, s'étend à d'autres carbures, et c'est ce qui fait l'intérêt du phénomène. — **M. V. Auger** a eu l'occasion d'effectuer l'analyse d'un produit pharmaceutique assez en vogue actuellement et employé contre la coqueluche : l'eau fluoroformée à 2,8 °/₀. Il a constaté que ce liquide ne contenait que de très petites quantités de gaz, mélange d'air, de CO^2 et de CO, et *pas trace de fluoroforme*. Comme ce médicament provient d'une usine allemande qui a pris deux brevets, en 1899, sur la préparation du fluoroforme, M. Auger a revu ceux-ci, et il a constaté que l'un d'entre eux, le dernier en date, ne fournit pas de fluoroforme, bien qu'il ait été pris tout spécialement en vue de la préparation de ce gaz, « exempt d'air, pur, et avec un rendement quantitatif »! La méthode consiste dans l'emploi de fluorure d'argent et d'iodoforme mélangés à part avec du sable, et mis en couches successives dans un appareil à dégagement de gaz. On introduit de l'eau qui dissout le fluorure d'argent; celui-ci, mis en contact avec l'iodoforme, l'attaque aussitôt; on termine en chauffant à 40° environ. En répétant cette préparation dans les conditions les plus variées, mais toujours en présence d'eau, on constate qu'il se forme surtout de l'oxyde de carbone d'après l'équation : $CHI^3 + 3AgF + H^2O = CO + 3AgI + 3HF$. Cette réaction a lieu même à 0°, avec des solutions acides, neutres ou alcalines de AgF. D'ailleurs, on a constaté que les sels solubles d'argent et de mercure, fluorure, acétate, sulfate, etc., donnent lieu à la production du gaz CO mélangé d'une quantité variable de CO^2. En traitant le chloroforme et le bromoforme par ces mêmes réactifs, on obtient les mêmes résultats qualitatifs, mais avec de très grandes variations dans les quantités relatives de CO et de CO^2; ainsi le bichlorure de mercure, qui donne 90 °/₀ de CO avec CHI^3, n'en donne que 80 °/₀ avec $CHBr^3$ et fournit presque exclusivement CO^2 avec le chloroforme.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 20 Février 1908.

Sir **J. Dewar** et **M. H.-O. Jones** : *Application des basses températures à quelques problèmes chimiques. I. Emploi du charbon de bois à la détermination des densités de vapeur.* La vapeur du gaz dont on veut déterminer la densité occupe un volume défini à 0° C. sous une pression mesurée; elle est ensuite absorbée dans un petit récipient rempli de charbon de bois refroidi dans l'air liquide, qui est pesé avant et après l'opération. De l'augmentation de poids du charbon et du volume du gaz, on déduit la densité. II. *Pouvoir rotatoire de substances organiques.* Les auteurs ont déterminé le pouvoir rotatoire de substances organiques en solution dans l'alcool ou l'éther de pétrole et refroidies par l'air liquide jusqu'à — 120° C. Le pouvoir rotatoire de la nicotine en solution dans l'alcool diminue lorsque la température s'abaisse; celui de l'essence d'orange amère augmente, au contraire, lorsque la température s'abaisse. — **M. A. W. Porter** : *Sur la pression osmotique des solutions compressibles à une concentration quelconque.* II. *Cas où le solvant et le corps dissous sont volatils.* L'auteur a trouvé antérieurement une relation entre les tensions de vapeur et la pression osmotique quand le corps dissous n'est pas volatil. Il envisage maintenant le cas plus général où solvant et corps dissous sont volatils et montre que, dans chaque cas, il est seulement nécessaire de connaître la pression partielle du solvant pur pour calculer les variations de pression de vapeur. — **MM. C. Cuthbertson** et **E. P. Metcalfe** : *Indices de refraction du bioxyde d'azote et des anhydrides sulfureux et sulfurique.* L'indice de réfraction de AzO, purifié par fractionnement aux basses températures, est égal à 1,000.293.9 pour la lumière du sodium, valeur inférieure de 1 °/₀ à celle de Mascart. L'indice de SO^2 a été redéterminé, par suite des écarts entre les nombres déjà trouvés. La nouvelle valeur obtenue, 1,000.660.9, concorde avec celles de Ketteler et Walker, ramenées à 0° et 760^{mm}. Enfin, l'indice de SO^3 est de 1,000.737. Ces deux derniers indices sont considérablement inférieurs aux valeurs additives. — **MM. C. Cuthbertson** et **E. P. Metcalfe** : *Sur la dispersion du mercure, du soufre, du phosphore et de l'hélium gazeux.* Comme suite à un travail sur les indices de réfraction de certains éléments à l'état gazeux, les auteurs ont mesuré la dispersion des éléments cités ci-dessus dans les limites du spectre visible. Voici le résumé des résultats obtenus :

Mercure . . . . $\mu - 1 = 0{,}001.755 \left(1 + \frac{2{,}265}{\lambda^2 10^{10}}\right)$.

Soufre . . . . . $\mu - 1 = 0{,}001.046 \left(1 + \frac{2{,}125}{\lambda^2 10^{10}}\right)$.

Phosphore . . . $\mu - 1 = 0{,}001.162 \left(1 + \frac{1{,}53}{\lambda^2 10^{10}}\right)$.

Hélium . . . . $\mu - 1 = 0{,}000.0347 \left(1 + \frac{2{,}4}{\lambda^2 10^{11}}\right)$.

La dispersion du mercure est environ quatre fois celle de l'air. L'indice du soufre pour des ondes infinies est à 2 °/₀ près quatre fois celui de l'oxygène. La dispersion est, sans autant de précision, quatre fois celle de l'oxygène. L'indice du phosphore, pour des ondes infinies, est exactement quatre fois celui de l'azote. L'indice de l'hélium est, à 1,6 °/₀ près, un huitième de la meilleure valeur connue pour l'indice de l'argon. Sa dispersion est d'environ les trois septièmes de celle l'air. — **M. E. Wilson** a étudié les *effets de la self-induction dans un cylindre de fer traversé par des courants alternatifs.* Des courants alternatifs atteignant jusqu'à 2.000 ampères, à des fréquences variant de 1/45 à 1/360, ont été fournis à un cylindre de fer de 10 pouces de diamètre; les changements d'induction magnétique à diverses profondeurs étaient obtenus au moyen des lectures faites avec trois galvanomètres amortis reliés à des bobines enroulées dans des trous pratiqués dans le cylindre. Les résultats montrent que l'effet dû à la self-induction interne, communément appelé « effet de peau », est d'autant plus grand que la perméabilité moyenne est plus grande. Le déplacement de phase des courbes de f. é. m., compté depuis le zéro de courant, diminue quand le courant augmente pour une fréquence donnée, et augmente quand la fréquence augmente pour un courant donné. Pour une fréquence donnée, le rapport de la perte C^2R avec courant alternatif à la même perte avec courant continu est d'autant plus grand que la perméabilité moyenne est plus élevée. Pour un courant donné, la perte de C^2R augmente avec la fréquence; la perte d'hystérèse tend à augmenter avec la fréquence, mais à diminuer par suite de l'augmentation de l'effet de peau. Les résultats sont valables pour un cylindre de n fois le diamètre, si le courant varie comme n et la fréquence en raison inverse de n^2.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 7 Mai 1908.

M. J. Ch. Philip a déterminé la réfraction et la dispersion des composés triazoïques. La contribution que le groupe Az^3 apporte normalement à la réfraction moléculaire est de 8,91 unités; à la dispersion moléculaire, elle est de 0,36-0,37. Ces chiffres sont à peu près les mêmes que ceux de Br. Dans certains composés, surtout ceux qui renferment des groupes non saturés contigus, Az^3 produit une véritable exaltation de la réfraction et de la dispersion. — Le même auteur a déterminé les constantes de dissociation des acides triazoacétique et α-triazopropionique; elles sont de 0,000.9-0,001 et de 0,000.86. Az^3 augmente la force des acides à peu près comme Br. — **MM. A. Harden** et **W. J. Young** ont constaté que le mannose est fermenté par le suc de levure à peu près avec la même vitesse que le dextrose, le lévulose un peu plus rapidement. L'addition d'un phosphate produit une grande accélération de la fermentation du mannose et du lévulose, suivie d'un retour à la normale. — **MM. F. B. Power** et **F. Tutin** ont trouvé, dans l'extrait alcoolique des feuilles d'olivier séchées à l'air : 1° un nouvel acide monocarboxylique $C^{28}H^{45}.CO^2H$, F.68°-69°; 2° un peu d'acides gras; 3° de l'hentriacontane $C^{31}H^{64}$, F.68-69°; 4° du pentriacontane $C^{35}H^{72}$, F.74°,5; 5° un nouvel alcool, l'*oléastérol*, $C^{30}H^{50}O$, F.174°; 6° un autre nouvel alcool, l'*olestranol*, $C^{28}H^{48}O^2$, F.217°-218°; 7° de l'*homo-olestranol*, $C^{27}H^{46}O^2$, F.210°; 8° du *d*-mannitol; 9° un sucre; 10° de l'*oléanol* $C^{31}H^{48}O(OH)^2.H^2O$, F.303-304°. — Les mêmes auteurs ont trouvé, dans l'extrait alcoolique de l'écorce d'olivier : 1°-4° quatre nouveaux acides monocarboxyliques, $C^{31}H^{57}.CO^2H$, F.69-70°; $C^{24}H^{45}.CO^2H$, F.79°; $C^{34}H^{69}.CO^2H$, F.92°; $C^{29}H^{57}CO^2H$, F.84°; 5° un alcool tertiaire $C^{35}H^{68}O$, F.70°; 6° du pentriacontane; 7° un phytostérol, $C^{27}H^{46}O$, F.136°; 8° une substance $C^{23}H^{38}O^2(OH)^2$, F.285-290°, identique à l'ipuranol; 9° un phénol, l'olénitol, $C^{14}H^{10}O^6$, F.265°. — **MM. K. J. P. Orton** et **R. W. Everatt** ont constaté que les sels de diazonium ne réagissent pas avec les phénols monohydriques en solution alcoolique, tandis qu'ils réagissent avec les phénols dihydriques. En solution aqueuse, seuls les sels de diazonium ayant une prépondérance de substituants négatifs copulent avec les phénols dihydriques. Les sels de diazonium sont réduits par le quinol en hydrocarbures. — **MM. J. C. Irvine** et **E. Mc Nicoll** montrent que les deux composés accessoires qui se forment dans la méthylation de la benzoïne sont l'αβ-dibenzoyl-α-méthoxydibenzyle, F.185°, et le 2-hydroxy-3 : 5-diméthoxytétraphényltétrahydrofurane, F.285°. — **MM. O. Flaschner** et **B. Mac Ewen** ont déterminé la solubilité mutuelle de la 2-méthylpipéridine et de l'eau; elle est représentée par une courbe fermée. La température inférieure de solution critique est 79°, la supérieure 227°. — **M. P. W. Robertson** a mesuré les points de fusion des anilides, *p*-toluidides et α-naphtalides des acides gras normaux. Les deux premières séries de points de fusion sont irrégulières, par suite du manque de symétrie de la molécule. Les α-naphtalides présentent un point de fusion minimum au 8e terme dans la série paire et au 9e dans la série impaire. — **M. W. N. Hartley** a étudié le spectre d'absorption du camphre très pur; à une forte concentration, on observe une bande due à la présence des groupes CH^2 et CO dans la molécule. — **M. Ch. Ed. Fawsitt** a déterminé la viscosité d'un grand nombre de solutions colloïdales et alcooliques. Dans les solutions diluées, la viscosité est, en général, une fonction linéaire de la concentration. Dans les séries homologues, la viscosité est une propriété additive. — **MM. R. H. Pickard** et **J. Yates** ont étudié l'action de KOH fondue et de H^2O^2 sur le cholestérol. Dans le premier cas, ils ont obtenu deux acides : $C^{26}H^{44}(OH).CO^2H$, F.241°, actif, et $C^{25}H^{48}(CO^2H)^2$, F.190°; Dans le second, on obtient une substance neutre, $C^{27}H^{46}O^3$, F.239°. — **MM. W. R. Lang** et **J. C. Woodhouse** décrivent un procédé de détermination volumétrique de l'argent. Il est précipité par un excès de NaCl et l'excès de ce dernier est titré par le nitrate d'Ag; les solutions sont clarifiées par passage sur un filtre à sable. — **M. J. A. N. Friend** critique la théorie et les formules de constitution de Werner pour les sels complexes. — **M. Ed. Divers** estime que les récentes recherches de Colefax relatives à l'action des sulfites sur les pentathionates n'affectent pas les résultats antérieurs de Debus. — **MM. E. de B. Barnett** et **S. Smiles**, en condensant le phénol avec le *p*-sulfoxyde de phénétol dans H^2SO^4, ont obtenu le sulfate de phénoxydiphénétylsulfonium; de même, on prépare le sulfate de phénoxydiphénylsulfonium. Ces sels, traités par les alcalis, donnent les thétines phénoliques. — **M. A. W. Stewart** n'a pas trouvé une relation marquée entre l'arrangement des atomes dans l'espace et la constante diélectrique chez les substances isomères. — Le même auteur décrit un appareil pour déterminer la capacité inductive spécifique des substances organiques. — **MM. T. S. Patterson** et **D. P. Mc Donald** poursuivent l'étude de l'influence des solvants sur la rotation des composés optiquement actifs. Ils déterminent la rotation du tartrate d'éthyle dans les composés aromatiques halogénés. — **M. A. W. Gregory** décrit une nouvelle réaction de l'argent. Quand on ajoute à une solution d'un sel d'Ag du salicylate, puis du persulfate d'ammonium en solution, on obtient une coloration brune intense, qui permet de déceler 0,01 mgr. d'Ag en présence de Pb. — **M. H. A. Miers** et **Mlle F. Isaac** ont déterminé les courbes de supersolubilité, de fusion et de cristallisation des mélanges de naphtalène et de β-naphtol.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 6 Février 1908.

M. E. Warburg : *Expériences*, en collaboration avec **M. G. Leithauser**, *sur l'analyse des oxydes de l'azote par leurs spectres d'absorption dans l'infra-rouge.* Cette analyse est d'autant plus utile que les méthodes chimiques se heurtent parfois à de grandes difficultés. Les auteurs se servent d'un spectromètre à réflexion à prisme en spath-fluor, maintenu automatiquement dans sa position de minimum. Une lampe Nernst sert comme source de rayonnement et un bolomètre à vide comme dispositif récepteur. L'acide nitrique anhydre, le peroxyde d'azote (AzO^2) et le monoxyde d'azote présentent chacun une bande d'absorption intense dans l'infra-rouge, laquelle se prête à l'analyse qualitative et quantitative du gaz en question. Dans l'air atmosphérique, les décharges silencieuses forment, en dehors de l'ozone, la première et la dernière de ces substances, mais les arcs voltaïques n'y forment que le peroxyde. — **M. Branca** adresse un Mémoire du Professeur **H. Pontonié** sur une *classification des Caustobiolithes.* La classification des roches à combustibles gazeux, liquides et solides, — récentes aussi bien que fossiles, — souffre d'un excès de noms et de désignations d'une signification souvent incertaine et d'un emploi variable. L'importance que présentent les caustobiolithes au point de vue de l'économie sociale demande, par contre, un examen aussi précis que possible de leur origine et leur genèse. Le présent Mémoire donne les résultats de recherches faites dans cette voie pendant de longues années et qui conduisent à une classification fondamentale suivant les formations de sapropel ou d'humus et les liptobiolithes. — **M. Waldeyer** présente un Mémoire de **M. O. Schultze**, professeur à Wurzbourg, sur l'*histogenèse du système nerveux.* Dans des travaux antérieurs, l'auteur avait fait voir qu'en remontant à l'origine des nerfs périphériques des Vertébrés, on trouve un stade où ce qui sera un nerf n'est encore qu'une fibre unique exempte de moelle; c'est alors une chaîne de quelques cellules bipolaires ou un fil plasmique à noyau. Ces résultats sont d'accord avec

Digitized by Google

les expériences anciennes plutôt qu'avec celles de certains auteurs récents. Dans le présent Mémoire, l'auteur distingue, dans le cas des Invertébrés, deux formes de fibres nerveuses périphériques, qu'il compare aux fibres nerveuses des Vertébrés. Il rend compte de la suite de ses observations relatives à l'origine multicellulaire des fibres périphériques.

Séance du 20 Février 1908.

M. H. Rubens rend compte de ses *expériences sur le pouvoir de réflexion de l'eau.* L'eau et l'alcool présentent, dans le spectre infra-rouge, une réflexion sélective. L'un et l'autre de ces liquides possèdent, en effet, une série de bandes de réflexion anormale, situées en des régions qui coïncident d'une façon approximative avec les endroits d'absorption maxima. L'on ne constate point d'influence des constantes diélectriques si élevées de ces deux liquides dans la région spectrale étudiée. — **M.** Martens présente une Note de **M. E. Rasch**, de l'Office des Arts-et-Métiers à Gross-Lichterfelde, sur la *détermination des tensions critiques dans les corps solides.* En utilisant les matières dont la résistance mécanique est mise à épreuve, l'architecture et la technique demandent la connaissance de certaines tensions limites, au delà desquelles les variations de forme permanentes non-élastiques prennent des valeurs qui compromettent la sécurité. Les efforts limites ne sont pas définis de façon univoque au point de vue physique. Or, l'auteur indique, pour déterminer la tension limite critique, une méthode soustraite, autant que possible, aux interprétations arbitraires et qui, par sa simplicité et sa rapidité, tient parfaitement compte des exigences de la pratique technique. Cette méthode est basée sur la mesure électrique des variations de température accompagnant le processus de tension. Elle se prêterait également à étudier la distribution des tensions à l'intérieur des corps solides, tensions qui sont inaccessibles à l'observation directe. — **M.** Branca présente une Note de **M. W. Gothan** sur la *genèse du jais.* Ces recherches, faites grâce à une subvention de l'Académie, ont donné le résultat que le jais, par ses phénomènes chimiques, est intermédiaire entre les formations d'humus et les formations de sapropel. C'est dire qu'en dehors de la bitumination, la carbonisation a concouru à sa production. ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Mars 1908.

M. Adolphe Heydweiller présente un Mémoire sur la *tension superficielle des solutions salines aqueuses diluées.* Les expériences faites, sur le conseil de l'auteur, par **M.** Gradenwitz, au sujet de la tension superficielle des solutions aqueuses diluées de plusieurs chlorures et nitrates des métaux alcalins, faisaient voir que la variation, en pour cent, de la tension superficielle par gramme-équivalent, relativement à l'eau pure, dans le cas des fortes dilutions, décroît considérablement à mesure que la concentration augmente. En combinant ces résultats avec ceux d'autres observations, l'on constate que cette variation atteint un minimum correspondant à une concentration donnée, après quoi elle se remet à croître lentement. Ces faits viennent d'être confirmés, sans aucune exception, par les expériences de **M.** A. Kleine, dont les résultats vont être publiés prochainement. D'autre part, **M.** Grüneisen, dans un Mémoire publié en 1905, démontrait des phénomènes tout analogues dans le cas du frottement intérieur des solutions diluées, phénomènes qu'il ramène à l'influence si différente, sur le dissolvant, des molécules ionisées ou non ionisées, ainsi qu'aux effets mutuels des premières. L'auteur tâche de représenter les résultats des deux auteurs précités par une formule analogue à la formule indiquée par **M.** Grüneisen, en les complétant par les moyennes des meilleures observations relatives aux solutions concentrées. Dans l'équation : $\Delta = A_1 i + B_1(l - i) + C_1 m$, Δ est la variation de la tension superficielle. Chacune des trois constantes A_1, B_1, C_1 a une signification physique bien définie. La première représente, pour les substances fortement ionisées, la valeur de Δ qui correspond aux grandes dilutions; B_1 est la valeur du même facteur, dans le cas d'une grande dilution, pour les corps non ionisés; C_1 représente la pression de cohésion interne du corps dissous, caractéristique des effets mutuels des molécules dissoutes et de la tension superficielle du dissolvant. Suivant les idées de Van't Hoff sur la nature des solutions et l'analogie des états gazeux et dissous, l'on peut déduire du facteur C_1 la constante a de l'équation généralisée des états de Van der Waals. En comparant les valeurs ainsi trouvées avec celles que donnent les tables de Landolt-Börnstein, on constate l'identité de leur ordre de grandeur avec celui de l'état gazeux. La constante B_1 présente, dans la série des chlorures, une décroissance régulière pour les poids moléculaires croissants, passant des valeurs positives à des valeurs négatives, tandis que A_1, tout en étant toujours positif, présente, pour des poids moléculaires croissants, un minimum indiquant la présence d'un effet double. — **MM. G. Leithäuser** et **R. Pohl** adressent une Note relative à l'*influence de l'ozone sur la condensation de la vapeur d'eau.* L'effet constaté par les expérimentateurs antérieurs rendait extrêmement probable que cette influence serait liée, non pas à la présence d'ions, mais à la formation de produits chimiques réduisant, dans une mesure notable, la tension de l'eau. Les expériences faites par les auteurs confirment cette hypothèse, tout en démontrant que l'ozone est capable de produire la condensation de la vapeur d'eau sans expansion, dans tous les cas où il y a possibilité de former un acide anhydre réduisant la tension de l'eau. — **M. H. Fassbender** présente la suite de ses expériences sur le *magnétisme des alliages de manganèse-étain et de manganèse-antimoine.* Il se sert d'un magnétoscope perfectionné, d'une sensibilité extrême, qui se compose d'une paire d'aiguilles astatiques suspendues par un fil de laiton rouge. Les aiguilles magnétiques, de 30 centimètres de longueur, sont placées à la distance de 15 centimètres. Les alliages en essai sont chauffés, par un bec de Bunsen, au bain de paraffine, à l'extérieur de la boîte protégeant le magnétoscope contre les courants d'air, les déviations étant observées au moyen du miroir et de l'échelle. L'on dispose l'alliage de façon à le rapprocher autant que possible d'un des pôles de l'une des aiguilles. Les résultats donnés en tableaux numériques et sous la forme de graphiques font voir les maxima d'aimantabilité correspondant à des proportions données de chaque alliage. — **M. H. Starke** rend compte de ses *expériences sur les rayons secondaires du radium.* Comme les rayons β frappant les corps solides n'engendrent point de rayons X dans la mesure correspondant au dispositif utilisé par l'auteur, celui-ci hésite à considérer les rayons secondaires du radium comme étant analogues aux rayons Rœntgen. Les rayons secondaires, d'une constitution très inhomogène, comportent des rayons bien plus fortement absorbables que les rayons directs. Les rayons secondaires de l'aluminium présentent un pouvoir d'absorption plus fort que ceux du plomb, et la paraffine donne des rayons secondaires particulièrement doux. Sur le côté avant aussi bien que sur le côté arrière du réflecteur, les rayons les plus doux proviennent des couches voisines de la surface. Les réflecteurs minces donnent des rayons d'une absorption relativement grande. Les rayons secondaires derrière les réflecteurs présentent une intensité maxima correspondant à une certaine épaisseur, qui dépend de la nature de la substance. Les rayons secondaires engendrés par l'air seraient enfin absorbés dans des proportions très grandes. — Le même auteur présente ensuite deux notices acoustiques, relatives à la *production des sons par les battements artificiels* et à une *explication des sons dits de réflexion.* On sait que la question de savoir si les im-

Digitized by Google

pulsions acoustiques sont perçues comme sons indépendants a été beaucoup discutée. L'hypothèse que l'oreille humaine percevrait toute périodicité comme son réel est en désaccord avec la théorie de résonance de l'ouïe, bien que certaines expériences démontrent la production de sons dans le cas de l'intermittence artificielle de l'intensité d'un son constant. L'auteur insiste sur la différence qui existe entre les battements et les intermittences. Il signale les défauts affectant les expériences faites par M. Hermann pour reproduire les voyelles. Le phénomène des sons dits « de cataracte », qui fait l'objet de la seconde Note, a été décrit pour la première fois par M. Baumgarten : un observateur placé en face d'un mur situé à une certaine distance d'une source de bruits, telle qu'une chute d'eau ou un ruisseau bruissant, percevra un son d'une hauteur variant en sens inverse de la distance du mur. Il se forme, en face de ce dernier, un nombre de systèmes superposés d'ondes stationnaires, et c'est le son au nœud duquel on se trouve qui est entendu avec le plus de clarté. Ce son doit renfermer les harmoniques supérieurs. L'auteur fait l'expérience suivante pour imiter ce phénomène : une douzaine de diapasons disposés à peu de distance les uns des autres, sur des boîtes de résonance, rendent, lorsqu'on les amorce simultanément, un son semblable à un bruit. Or, en explorant l'espace intermédiaire entre les diapasons et un mur, l'on percevra avec une netteté spéciale le son de l'un des diapasons, qui, près du mur, sera celui à la note la plus élevée, et, à mesure qu'on s'en éloigne, un diapason à la note de plus en plus basse. Cette expérience fait voir que l'hypothèse d'une impulsion double n'est point vérifiée par l'existence des sons de réflexion.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 24 Avril 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. J. de Vries** : *Sur des courbes gauches du genre deux.* Une courbe du genre deux n'admet qu'une involution I_2 de couples de points; les droites qui supportent les couples de points de cette involution I_2 de la courbe gauche ρ^n du genre deux, forment une surface réglée Φ^{n-3} de l'ordre $n-3$ du genre zéro. Etude particulière du cas $n=6$ de la courbe ρ^6 admettant une quadrisécante, arête de rebroussement d'une surface développable S^{14}; la surface réglée Φ^{12} de ses trisécantes. Le cas où Φ^3 est la surface de Cayley. — Ensuite **M. de Vries** présente : *Les courbes gauches algébriques sur les surfaces réglées de l'ordre* n *à droite* n — 1^{ple}. Si l'on coupe une surface réglée Φ^3 par un faisceau de plans dont une des génératrices a de Φ^3 est l'axe, on obtient un système de coniques passant par le point de rencontre O de a et de la droite double d de Φ^3. A l'aide d'une correspondance (p, q) entre les plans du faisceau (a) et ceux du faisceau (d), on fait correspondre à chaque conique p génératrices g de Φ^3 et à chaque génératrice q coniques c^2. Le lieu des points d'intersection des g et c^2 correspondantes est une courbe gauche ρ^m, de l'ordre $m=p+q$, dont le genre est $(m-1)(q-1) - \frac{3}{2}q(q-1)$. Ces considérations peuvent être étendues si l'on remplace la surface réglée Φ^3 par une surface Φ^n à droite $n-1^{ple}$. Alors la correspondance (p, q) engendre une courbe ρ^m de l'ordre $p+q$ et du genre $(m-1)(q-1) - \frac{1}{2}n\,q(q-1)$. — **M. J. P. van der Stok** : *L'analyse des courbes de fréquence, d'après une méthode générale.* Dans la statistique de la Climatologie, on a affaire à des fréquences de toute description. Pour la plupart, elles se trouvent entre des limites indéfinies. Quelquefois les limites sont indiquées distinctement, comme dans les observations du degré de nébulosité (0 — 10); dans le cas des fréquences des grosses pluies, on trouve de l'un des deux côtés la limite zéro, tandis que l'autre limite est indéterminée. Les observations des vents exigent des fréquences en deux dimensions, etc. Pour les fréquences à limites indéfinies, le développement en série d'après les formules de Bruns et de Charlier est, à ce qu'il semble, la forme indiquée d'analyse; seulement la déduction, se basant sur une généralisation de l'usage d'intégrales définies due à Bessel, n'est pas encore tout à fait indépendante de prémisses un peu étrangères au problème; de plus, elle n'est pas applicable au cas de limites déterminées. Les formules de Pearson et de Charlier ne contiennent qu'un nombre déterminé de constantes, et ne sont pas données en forme de série. Le but de la communication de l'auteur est de faire connaître une méthode simple générale.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. P. Zeeman** : *Variation de la longueur d'onde de la raie moyenne des triplets dans le champ magnétique* (seconde partie). Pour la première partie, voir *Rev. génér. des Sc.*, t. XIX, p. 340. Ici, l'auteur s'occupe de la question de savoir si la différence $a_v - a_r$ des distances des composantes à la raie moyenne est le double du déplacement de cette raie moyenne, ou non. — **M. J. D. van der Waals** présente au nom de son fils **M. J. D. van der Waals Jr.** : *La valeur de l'auto-induction d'après la théorie des électrons.* Pour donner une explication de l'existence d'énergie de mouvement chez les électrons, on s'en rapporte quelquefois à l'auto-induction. Seulement il ne faut pas perdre de vue : 1° que cette énergie de mouvement consiste pour la plus grande partie d'énergie électrique, tandis que, dans le cas de l'auto-induction, on ne s'occupe que de l'énergie magnétique; 2° ce qui est plus grave, que, dans la théorie précisément, l'auto-induction doit être expliquée à l'aide de l'énergie cinétique des électrons. Considérations en rapport avec ces difficultés. — Ensuite **M. Van der Waals** présente : « Lehrbuch der Thermodynamik, nach Vorlesungen von Prof.-Dr J. D. Van der Waals, bearbeitet van Dr Ph. Kohnstamm, Teil I (« Traité de Thermodynamique » de M. Van der Waals, rédigé par M. Kohnstamm, tome I). » — **M. H. A. Lorentz** présente les thèses de **MM. L. S. Ornstein** et **H. B. A. Bockwinkel.** — **MM. H. Kamerlingh Onnes** et **C. Braak** : *Isothermes de gaz biatomiques et de leurs mélanges binaires.* VIII. Sur la force de résistance du verre et l'application de tubes en verre dans les expériences sous haute pression et à des températures ordinaires et basses. — **MM. H. E. J. G. du Bois** et **G. J. Elias** : *L'influence de la température et de la magnétisation sur les spectres d'absorption sélective.* III (voir *Rev. gén. des Sc.*, t. XIX, p. 340 et 380). — **M. F. H. Schreinemakers** : *Sur les équilibres de systèmes quaternaires.* — **M. S. Hoogewerff** présente au nom de **M. B. W. van Eldik Thieme** : *L'action de l'acide sulfurique concentré sur les éthers composés de glycérine et d'acides gras monobasiques saturés.*

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. F. A. F. C. Went** : *Sur le développement du bourgeon séminal, du sac embryonal et de la cellule de l'œuf chez les Podostemaceae.* Durant son séjour aux Indes occidentales, l'auteur a eu l'occasion de visiter les cataractes Armina de la rivière Marowyne, où les plantes remarquables de la famille des *Podostemaceae* croissent. Les exemplaires conservés dans l'alcool qu'il a à sa disposition lui ont suffi à des recherches qui paraîtront bientôt *in extenso* et dont il donne ici un aperçu sommaire. — **M. G. A. F. Molengraaff** présente aux noms de **M.** et **Mme Reid** : *On Dulichium vespiforme sp. nov. from the brickearth of Tegelen.*

P. H. SCHOUTE.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 13 15 JUILLET 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Albert de Lapparent. — Ce fut une douloureuse surprise, dans le monde savant, d'apprendre, le 5 mai dernier, la mort en même temps que la maladie d'Albert de Lapparent. Ceux qui ne connaissaient pas l'âge de ce savant n'auraient jamais cru à ses soixante-neuf ans. Chez lui, le physique et l'esprit n'en accusaient guère plus de cinquante. Je le revois encore, il y a deux ans, gravir, comme un jeune homme, avec les membres de la Société géologique de France, les pentes escarpées des Pyrénées et apportant, dans les discussions, tout son talent, fait de clarté et d'érudition scientifique profonde.

Il est triste de voir disparaître successivement les maîtres que l'on a eu la joie de connaître et d'écouter : tels Munier-Chalmas, puis Fouqué, puis Marcel Bertrand. A. de Lapparent n'a été, à proprement parler, le maître d'aucun géologue, mais il a été indirectement celui de tous les jeunes géologues de France et de l'Etranger, par l'influence considérable qu'il a exercée, par ses ouvrages, sur le développement de la Géologie.

Albert de Lapparent était né à Bourges le 30 décembre 1839. Après des études au Lycée Bonaparte, il entra le premier à l'Ecole Polytechnique et en sortit le premier, ainsi que de l'Ecole des Mines (1864).

Son premier travail sur la constitution géologique de la célèbre vallée de Fassa (Tyrol méridional) dénote de brillantes qualités d'observation. Il étudie les conditions de genèse de la roche qu'il nomme monzonite et montre les curieuses actions métamorphiques qui accompagnèrent et suivirent sa venue, en même temps qu'il établit que les dolomies ruiniformes de la région sont dues à une transformation latérale des calcaires triasiques.

En 1865, il est attaché au Service de la Carte géologique de la France et commence l'étude du *Pays de Bray*, cette boutonnière qui a déterminé le bombement de la contrée et qui, tantôt pli, tantôt faille, s'étend sur plus de 100 kilomètres. Pour arriver à préciser la vraie nature et l'âge de cette dislocation, il ne craint pas de refaire, presque seul, un nivellement général, en courbes de niveau, de tout le territoire; il détermine les relations étroites du modelé du terrain avec sa constitution géologique.

Un assez grand nombre de Notes ont été publiées par lui sur divers points du bassin de Paris, l'île de Jersey, les Vosges, les Pyrénées, etc. Mais, de 1867 à 1875, il attache son nom, d'abord comme secrétaire du *tunnel sous-marin du Pas-de-Calais*, puis surtout comme *auteur du projet géologique* du fond du détroit, en déterminant, par de simples sondages sur le fond sous-marin, la nature et l'allure des couches dans lesquelles il était possible de creuser le tunnel.

Avec la collaboration de son maître et ami Henri Potier, il fit la carte géographique et géologique du fond du détroit et établit, d'une façon décisive, que ce tunnel pouvait être creusé entièrement dans une roche assez tendre (craie glauconieuse) pour se laisser entamer facilement, assez imperméable pour ne pas se laisser traverser par l'eau.

Sept mille coups de sonde permirent d'arriver à ce résultat important, ce qui évita les frais très onéreux d'une galerie d'essais que l'on hésitait à entreprendre.

Cette inovation, hardie pour l'époque, montra l'intérêt pratique des études géologiques. Les recherches poursuivies depuis, dans un but analogue, ont permis aux géologues de tracer des tunnels (Simplon, Saint-Gothard, Faucille) et de déterminer, *sans sondages*, la nature des couches qui devaient être traversées.

Ne sont-ce pas des géologues qui, après avoir reconstitué une grande partie des bassins ferrifères de l'Est, viennent encore récemment de trouver en terre française le prolongement du bassin houiller de Sarrebrück? Ainsi la Géologie entre dans la voie féconde des applications.

Un événement qui devait avoir une influence décisive sur la vie scientifique d'A. de Lapparent fut sa collaboration avec Delesse dans la rédaction de la *Revue de Géologie* (1866-1880). En compagnie de ce maître, il devait acquérir une grande sûreté de critique et une forte érudition, qui lui servirent plus tard dans son enseignement et dans l'élaboration de ses ouvrages didactiques.

En 1876, il est proposé comme professeur de Géologie et Minéralogie à l'Institut catholique de Paris et, en 1880, il se sépare du Corps des Mines pour ne pas

Digitized by Google

abandonner l'Institut catholique. Cette décision, que lui dictaient ses croyances et sa conscience, devait avoir une influence définitive sur sa vie scientifique future.

Le savant qui avait, en effet, collaboré pendant quatorze ans à la *Revue de Géologie* et qui, depuis six ans, professait la Géologie et la Minéralogie, eut alors l'heureuse idée de présenter ses leçons sous la forme de l'ouvrage didactique que tout le monde connaît et que tous, géologues et professeurs, ont consulté avec fruit.

Le succès du *Traité de Géologie* fut considérable. Il portait d'ailleurs la marque de son esprit : la clarté, la précision, une coordination d'idées remarquable. De Lapparent clarifiait, en quelque sorte, les questions qu'il exposait. Et, comme à ce don précieux s'alliait celui d'une grande élégance dans le style et d'une dialectique solide, et qu'il avait en outre la plume aussi facile que la parole, on peut dire que ses écrits, comme ses discours, étaient goûtés de tous.

Certains savants semblent écrire pour eux-mêmes et s'appliquer à rendre la science rébarbative. De Lapparent, écrivant pour les autres, s'efforçait de rendre, ainsi que le dit souvent mon cher et vénéré maître, M. Albert Gaudry, la science aimable et attirante et non répulsive.

Toutes ces qualités, réunies à une érudition qui s'étendait à la géologie du monde entier, firent que le *Traité de Géologie* et les autres ouvrages qui suivirent eurent autant de succès à l'Etranger qu'en France, puisque la moitié des publications d'A. de Lapparent est sortie de notre pays (plus de 20.000 exemplaires.)

Le *Traité de Géologie*, dont la première édition parut en 1882, n'a pas eu moins de cinq éditions successives en vingt-quatre ans. Les deux dernières surtout (plus de 2.000 pages) portent l'empreinte des préoccupations nouvelles de l'auteur et de l'évolution même de la science géologique, qui marche à si grands pas.

L'auteur inaugure, en effet, à propos de l'étude de chaque époque géologique, le système des *cartes paléogéographiques*, dont divers savants en France (de Saporta, etc.) et à l'Étranger avaient déjà montré le grand intérêt.

Il essaie ainsi, avec ce nouveau système de reconstitution des temps passés, de faire entrer la Géologie dans la voie de la Géographie. La Géologie ne peut-elle pas se définir : l'étude de la série des phases géographiques (le mot géographie étant pris dans son acception la plus large) par lesquelles a passé notre globe?

Ainsi, en cartographiant à chaque époque les limites des continents et des mers, et en complétant cet exposé par celui des changements biologiques et des événements importants qui caractérisent chacune de ces époques, on obtient un ensemble évolutif du Globe du plus haut intérêt; on suit, on comprend l'évolution du monde physique et du monde animé. C'est là un des buts principaux de la Géologie. On arrive alors, comme il le disait lui-même, « après avoir éclairé le passé à la lumière du présent, à montrer que le présent n'est que la résultante des efforts du passé ».

Les dernières éditions du *Traité de Géologie* sortaient ainsi du cadre d'un Traité ordinaire; elles prenaient l'allure d'un ouvrage nouveau, semé de vues originales et personnelles, dominées par un esprit scientifique élevé qui animait et soudait fortement entre eux les divers chapitres.

Tels de ces chapitres, dont il a repris ailleurs le développement, comme ceux relatifs au *vulcanisme*, aux *mouvements orogéniques*, aux *soulèvements et affaissements*, aux *causes de l'époque glaciaire*, etc., étaient vraiment d'une hauteur de vues remarquable, car le savant ne se bornait pas à exposer les travaux de ses confrères; il les critiquait et faisait adopter les idées qui étaient siennes. On se rappelle encore la controverse si intéressante qui eut lieu entre de Lapparent et le grand géologue viennois Suess, au sujet des effondrements de l'écorce terrestre.

De Lapparent démontra victorieusement que la plupart des grandes dislocations de l'écorce terrestre ont comme cause initiale la compression latérale, tangentielle, du Globe, en voie de refroidissement.

Ainsi peu à peu l'esprit du savant s'attacha à résoudre les grands problèmes de la Géologie et, de l'analyse, s'éleva de plus en plus vers la synthèse.

L'évolution de ses idées vers la Géographie s'était manifestée également sous la forme d'un *Traité de Géographie physique*. Les synthèses de son maître Elie de Beaumont, celles aussi, si brillantes et si fécondes, de Suess, de Marcel Bertrand, avaient jeté un jour tout nouveau sur l'intelligence du modelé terrestre et sur son évolution. Le *Traité de Géographie physique* traduisit ces vues d'une telle façon que trois éditions se succédèrent en peu de temps. Cet ouvrage n'est pour ainsi dire qu'un chapitre nécessaire, une introduction aux études géologiques.

De Lapparent, qui professait également la Minéralogie à l'Institut Catholique, publia en 1883 son *Cours de Minéralogie*, dont l'équivalent écrit n'existait nulle part. Il y exposa magistralement les doctrines cristallographiques qui sont la gloire de l'Ecole française : celles de Bravais, de Mallard, et classa les minéraux d'après leurs caractères géologiques. Trois éditions successives de ce Traité, dans lesquelles les théories nouvelles sur l'isomorphisme, le polymorphisme et les études optiques tiennent une large place, montrent la variété du talent de ce grand savant, que ses confrères avaient nommé successivement : Président de la Société géologique de France, Président de la Société minéralogique, Président de la Société de Géographie, et que ses collègues de l'Institut venaient de nommer, il y a un an à peine, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, en remplacement de l'illustre Berthelot.

Délégué des savants français aux Congrès internationaux de Berlin, de Londres, etc., vice-président de ces Congrès, où il faisait apprécier, aussi bien en allemand qu'en anglais, la souplesse et la clarté de sa parole, de Lapparent était en même temps collaborateur de la *Revue générale des Sciences*, du *Correspondant*, de la *Revue des Questions scientifiques*, où il exposait au grand public toutes les nouveautés relatives à la science du Globe. C'était un régal pour tous de lire ses articles enthousiastes et de se laisser entraîner par le raisonnement de l'écrivain, vers les conceptions originales qu'il exposait.

Ce n'est donc pas une vaine formule que de dire de ce savant éminent qu'il a contribué à étendre très loin le rayonnement de la Science française et que sa perte sera ressentie, non seulement dans notre pays, mais aussi dans le monde entier.

Ph. Glangeaud,
Professeur de Géologie et de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

§ 2. — Mathématiques

Le IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome. — Le IVe Congrès international des Mathématiciens s'est tenu à Rome, au commencement d'avril dernier. Il a réuni près de 500 participants et a obtenu un grand succès, dû surtout à un ensemble très remarquable de conférences générales qui ont été faites par quelques mathématiciens éminents sur les sujets suivants :

M. V. Volterra : Les Mathématiques en Italie pendant la seconde moitié du XIXe siècle.

M. Mittag-Leffler : La représentation arithmétique des fonctions analytiques générales d'une variable complexe.

M. Forsyth : La condition actuelle des équations différentielles partielles du second ordre, en ce qui concerne l'intégration formelle.

M. G. Darboux : Les origines, les méthodes et les problèmes de la Géométrie infinitésimale.

M. von Dyck : L'Encyclopédie mathématique.

Digitized by Google

M. S. Newcomb : La théorie du mouvement de la Lune, son histoire et son état actuel.

M. H.-A. Lorentz : Le partage de l'énergie entre la matière pondérable et l'éther.

M. H. Poincaré : L'avenir des Mathématiques.

M. E. Picard : La Mathématique dans ses rapports avec la Physique.

Plusieurs de ces conférences seront prochainement publiées dans la *Revue*.

Le Congrès a décerné la médaille Guccia à M. F. Severi, professeur à l'Université de Padoue, pour ses travaux sur les surfaces algébriques.

Dans sa séance de cloture, le Congrès, adoptant les propositions de ses sections III et IV, a décidé la création de deux Commissions internationales : l'une pour l'examen comparé des méthodes et des plans d'études de l'enseignement mathématique dans les écoles secondaires des différentes nations; l'autre pour l'étude de l'unification des notations vectorielles. Ces Commissions présenteront leur Rapport au prochain Congrès.

Le Congrès a formulé également le vœu que les Mathématiques appliquées à la science de l'ingénieur fassent, à la prochaine réunion, l'objet d'une Section spéciale. Il engage, d'autre part, les mathématiciens des diverses nations et l'Association internationale des Académies à prêter leur collaboration à la Société helvétique des Sciences naturelles, pour la publication des œuvres d'Euler.

Le prochain Congrès se réunira en 1912 à Cambridge.

§ 3. — Astronomie

La tache rouge de Jupiter. — La splendeur du ciel étoilé est encore rehaussée actuellement par la présence de l'immense planète Jupiter, qui brille d'un éclat merveilleux pendant les nuits pures, et dont les aspects variés constituent un sujet d'observation d'un intérêt toujours nouveau.

M. Stanley Williams a constaté récemment que la fameuse grande tache rouge est plus pâle que jamais. Sa longitude est de $20^{\circ}87 \pm 0^{\circ}23$. La durée de son mouvement de rotation a présenté une curieuse diminution entre les observations de 1905-1906 et celles de 1906-1907. Dans le premier cas, la période était de $9^h\,55^m\,41^s,46$, et dans le second, de $9^h\,55^m\,42^s,27$, détermination résultant des observations de 594 rotations, tandis que dans l'intervalle elle était de $9^h\,55^m\,36^s,25$. Cette différence est trop grande pour qu'on puisse l'attribuer à des erreurs d'observation, et indique un changement effectif dans la position de la tache. Ce changement de position semble dû à l'influence des matériaux sombres de la zone tempérée australe, qui ont déjà passé trois fois dans son voisinage, en exerçant probablement une certaine pression. La discussion générale d'un grand nombre d'observations sera nécessaire pour arriver à déterminer la nature de cette étrange formation.

§ 4. — Électricité industrielle

Vibrations de courant continu à haute tension. — Tandis que presque tous les électriciens actuels emploient, pour la transmission à distance, les courants alternatifs à l'exclusion des continus, M. Thury, directeur de la Compagnie de l'Industrie électrique, à Genève, persévère, avec une rare énergie, à utiliser cette dernière forme de courant, et le succès si remarquable de ses entreprises tend à confirmer, au moins en partie, la justesse de sa manière de voir.

Il était intéressant de rechercher si cette même forme de courant pourrait être appliquée à la production des ondes électriques en radio-télégraphie et radio-téléphonie, où l'emploi de vibrations de courant alternatif vient de donner de si beaux résultats. Dans un Mémoire qu'a inséré l'*Elettricista* (n° 8 de 1908) M. R.-C. Galletti rend un compte préliminaire des expériences qu'il vient de faire à ce sujet avec une dynamo Thury de 25.000 volts et de 114 ampères, mise à sa disposition par la Compagnie genevoise. La figure 1 représente la disposition schématique des circuits oscillatoires qui lui ont servi à produire des oscillations continues. Ils comportent 4 capacités identiques, 1, 2, 3, 4, et deux éclateurs A et B. En déchargeant la capacité 1 à travers l'éclateur A, l'on obtenait une série de vibrations dans le circuit 1-A, et, par conséquent, une autre série de vibrations induites dans 1-K'-2-3-K-4, accordé à la même période d'oscillation. Comme le décrément de ce dernier circuit fermé est minime, la vibration maxima y coïncide avec la fin de la série de vibrations en 1-A. En déchargeant la capacité 3 à travers B, on donne lieu à des phénomènes identiques. A la fin de chaque décharge, soit en A, soit en B, l'on obtient, par conséquent, un potentiel oscillatoire induit maximum sur les sphères de l'éclateur opposé.

La distance fixe entre les sphères de l'éclateur équivalait à la distance explosive d'une certaine charge statique d'électricité de tension donnée, produite sous l'action de la dynamo à un intervalle donné, qui dé-

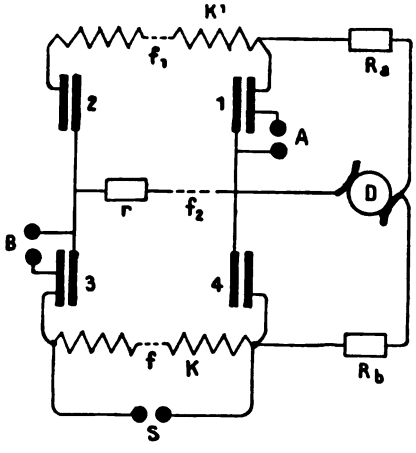


Fig. 1. — *Schéma du dispositif pour la production de vibrations de courant continu à haute tension.* — A, B, éclateurs; 1, 2, 3, 4, capacités; R*a*, R*b*, résistances; D, dynamo; S, étincelle-témoin.

pend de la grandeur de la capacité insérée en parallèle avec l'éclateur, de celle des résistances en série avec la dynamo et de la tension de ces dernières. La présence d'un potentiel oscillatoire induit sur les sphères du spintéromètre donne lieu à une moindre distance explosive virtuelle, étant minima pour B à la fin de la série d'étincelles A, et pour A à la fin des étincelles B.

Après avoir ainsi réalisé, pour une tension croissante de la dynamo, un nombre notable d'étincelles par seconde, en A aussi bien qu'en B, on voit, à un moment donné, la charge statique partielle se décharger en avance, en raison de cette moindre distance explosive virtuelle. Ceci résulte de la diminution de la distance explosive de l'étincelle-témoin S, qui mesure le potentiel de décharge de la capacité du circuit fermé.

Les calculs faits de la quantité d'électricité qui aurait dû traverser par seconde le circuit 1-K'-2-3-K-4, s'il avait été le siège de vibrations continues du potentiel indiqué par l'étincelle-témoin, donnent des résultats concordant avec la quantité de courant mesurée par un fusible intercalé dans le circuit même et qui se compose de plusieurs fils de plomb de $0^{mm},5$ de diamètre (vérifié à une fréquence élevée par comparaison avec un fil de cuivre de $0^{mm},1$).

La résistance représentée dans le croquis schématique sert à rendre unique le chemin des oscillations

Digitized by Google

continues, afin de faciliter l'interprétation des phénomènes observés.

L'auteur se propose de publier des données quantitatives après les expériences qu'il entreprendra à Lyon avec le courant continu, de 40.000 volts et de 50 ampères, de la Société grenobloise de Force et de Lumière.

§ 5. — Chimie

Un dissolvant organique du graphite, le décacyclène. — On sait que le graphite se dissout faiblement dans certains métaux fondus, d'où il cristallise par refroidissement; mais on ne connaissait pas jusqu'à présent d'autre dissolvant du carbone.

Guidé par des vues théoriques, un chimiste russe, M. I. Ostromysslensky[1], a pensé que les hydrocarbures à poids moléculaire élevé, qui présentent certaines propriétés communes avec le carbone, jouissent peut-être de facultés dissolvantes vis-à-vis de ce dernier. Des essais de dissolution du graphite dans le goudron de houille ne lui donnèrent aucun résulat.

M. Ostromysslensky s'adressa alors au décacyclène, hydrocarbure de formule $C^{20}H^{10}$, découvert en 1893 par M. P. Rehländer dans l'action du soufre sur l'acénaphtène. Il renferme 96 °/₀ de carbone et fond à 402°. Dans 6 grammes de décacyclène fondu au bain d'étain, l'auteur introduisit 0 gr. 2563 de graphite de l'Oural en morceaux; après une heure et demie d'agitation, le graphite était complètement dissous. Dans une autre expérience, 1 gr. 2316 de graphite de Nertchinsk furent complètement dissous dans 11 grammes de décacyclène en cinq heures à 485°. La solution de graphite est complètement opaque et colorée en noir. Si on laisse refroidir et qu'on traite la masse solidifiée par l'aniline bouillante pour dissoudre le décacyclène, il reste un résidu de graphite, dont le poids est un peu supérieur à celui de la substance dissoute, par suite de la présence de produits de décomposition du décacyclène à haute température.

Le diamant ne se dissout pas dans le décacyclène.

§ 6. — Zoologie appliquée

Les Jardins zoologiques à l'étranger. — M. G. Loisel vient de publier son Rapport[2] sur une seconde Mission dont il a été chargé, par M. le Ministre de l'Instruction publique, pour étudier l'état actuel des Jardins et autres établissements zoologiques d'Allemagne, d'Autriche-Hongrie, de Suisse et de Danemark; il continue ainsi l'intéressante étude qu'il avait commencée sur les établissements similaires d'Angleterre, de Belgique et des Pays-Bas, et dont nous avons rendu compte dans cette *Revue*[3].

Quelques-uns des Jardins zoologiques appartiennent à des particuliers, par exemple celui de Stellingen près Hamburg, qui est une des réserves d'Hagenbeck, le célèbre fournisseur de ménageries; d'autres, comme à Dusseldorf, Carlsruhe, Mulhouse, sont municipaux; d'autres, enfin, ont été fondés par des Sociétés d'actionnaires, qui s'occupent avant tout, non pas de leur donner un caractère scientifique élevé, mais de leur faire rendre un rapport convenable; aussi les jeux, concerts et restaurants y tiennent-ils, surtout en Allemagne, une place considérable. Au point de vue de la richesse en animaux et du luxe des bâtiments, le Jardin zoologique de Berlin doit être mis en tête de tous ceux d'Europe: les recettes annuelles, dans lesquelles entrent pour une faible part des subventions de la Prusse et de la ville, dépassent le million; il y a plus de 1.300 espèces d'animaux, représentées par environ 3.200 individus, parmi lesquelles des espèces rares ou en voie d'extinction : le Bison d'Europe, le Bison d'Amérique, un Bœuf musqué, le Cheval de Prjevalski, le Zèbre de Burchell (éteint dans son pays d'origine), un couple de Chevrotains porte-musc, un Rhinocéros de l'Inde et un d'Afrique, etc. En Autriche, la ménagerie impériale de Schœnbrunn, qui date de François Ier et de Marie-Thérèse (1752), est, sans compter ses souvenirs d'art et d'histoire, un modèle de groupement et d'installation pour les Eléphants, les grands Carnivores, les Oiseaux et les Reptiles. A Vienne, se trouve un établissement unique en Europe : c'est l'ancien vivarium du Prater, qui a été acquis par Przibram, privat-docent à l'Université, et transformé en un Institut privé de Biologie expérimentale, magnifiquement installé, où les savants peuvent louer des tables comme à Naples (droit annuel de 1.000 couronnes); enfin, on peut mentionner encore comme établissements privés l'élevage de Bisons d'Europe (provenant du troupeau de Bielowicza), installé par le duc de Pless dans un parc de Silésie (11.000 hectares), et ceux du prince de Hohenlohe dans les Carpathes.

M. Loisel relève, au cours de ses visites, les renseignements biologiques qu'il a pu recueillir et qui donnent un intérêt particulier à son Rapport; il constate, une fois de plus, les bons résultats que donne, même dans des pays très froids, l'élevage à l'air libre d'animaux tropicaux, tels que des Zèbres, des Eléphants et des Singes; à Munster, on voit des Singes jouer dans la neige par — 14°; les Anthropoïdes sont souvent laissés dans une liberté relative; à Bâle, pendant les beaux jours, une Orang femelle, âgée de neuf ans, est complètement libre dans le jardin où elle joue avec les enfants, de 11 heures du matin à 4 heures du soir.

Au point de vue du rôle des Jardins zoologiques, il est évident qu'ils sont surtout destinés à satisfaire la curiosité du public, et que leur utilité scientifique est assez maigre; sans doute, il y aurait des expériences extrêmement intéressantes de Biologie générale à tenter avec les animaux des Jardins, surtout des expériences de croisement (on sait qu'Hagenbeck a obtenu des hybrides de Lion et de Tigresse, mais leur sort ultérieur m'est inconnu); mais, après tout, elles sont bien difficilement praticables et manqueraient peut-être de la rigueur absolue que l'on doit exiger d'essais qui sont difficilement vérifiables. Nous persistons à penser, après la lecture des deux Rapports de M. Loisel, qu'il faut laisser aux Jardins zoologiques leur fonction traditionnelle et spéciale, qui n'est point tant à dédaigner, d'ailleurs. Si un Jardin est prospère, boucle son budget, a de l'espace à revendre, les observations scientifiques se font facilement par surcroît.

§ 7. — Enseignement et Sociétés

Le prix de la Société Kepler. — La Société Kepler, qui s'est fondée récemment en Allemagne pour le développement de la connaissance de la Nature, a décidé de mettre au concours la question suivante, pour laquelle elle offre un prix de 1.250 francs à l'auteur du meilleur Mémoire : Recherches nouvelles, accompagnées d'un exposé général sur les traces de la vie les plus anciennes (anté-siluriennes), et leur importance pour la doctrine de l'évolution.

Les travaux (en langue allemande), accompagnés d'une devise et du nom de l'auteur sous pli cacheté, doivent être adressés avant le 31 décembre 1909 au Dr E. Dennert, directeur scientifique de la Société Kepler, à Godesberg-am-Rhein. Ils seront jugés par une Commission de cinq membres, composée de MM. les Professeurs Beyschlag, von Branca, Jaeckel, von Koken et E. Dennert.

[1] *Journal für praktische Chemie*, t. LXXVI, n° 6, p. 268.

[2] Rapport sur une Mission scientifique dans les jardins et établissements zoologiques publics et privés de l'Allemagne, de l'Autriche-Hongrie, de la Suisse et du Danemark (*Nouvelles Archives des Missions scientifiques*, tome XV, 1907, p. 125).

[3] Les jardins zoologiques à l'étranger (*Revue générale des Sciences*, 18e année, 30 septembre 1907, p. 737).

Digitized by Google

L'INVENTION MATHÉMATIQUE

CONFÉRENCE FAITE A L'INSTITUT GÉNÉRAL PSYCHOLOGIQUE LE 23 MAI 1908[1]

La genèse de l'Invention mathématique est un problème qui doit inspirer le plus vif intérêt au psychologue. C'est l'acte dans lequel l'esprit humain semble le moins emprunter au monde extérieur, où il n'agit ou ne paraît agir que par lui-même et sur lui-même, de sorte qu'en étudiant le processus de la pensée géométrique, c'est ce qu'il y a de plus essentiel dans l'esprit humain que nous pouvons espérer atteindre.

On l'a compris depuis longtemps, et, il y a quelques mois, une revue intitulée l'*Enseignement mathématique*, et dirigée par MM. Laisant et Fehr, a entrepris une enquête sur les habitudes d'esprit et les méthodes de travail des différents mathématiciens. J'avais arrêté les principaux traits de ma conférence quand les résultats de cette enquête ont été publiés; je n'ai donc guère pu les utiliser. Je me bornerai à dire que la majorité des témoignages confirment mes conclusions; je ne dis pas l'unanimité, car, quand on consulte le suffrage universel, on ne peut se flatter de réunir l'unanimité.

I

Un premier fait doit nous étonner, ou plutôt devrait nous étonner, si nous n'y étions si habitués. Comment se fait-il qu'il y ait des gens qui ne comprennent pas les Mathématiques? Si les Mathématiques n'invoquent que les règles de la Logique, celles qui sont acceptées par tous les esprits bien faits, si leur évidence est fondée sur des principes qui sont communs à tous les hommes et que nul ne saurait nier sans être fou, comment se fait-il qu'il y ait tant de personnes qui y soient totalement réfractaires?

Que tout le monde ne soit pas capable d'invention, cela n'a rien de mystérieux. Que tout le monde ne puisse retenir une démonstration qu'il a apprise autrefois, passe encore. Mais que tout le monde ne puisse pas comprendre un raisonnement mathématique au moment où on le lui expose, voilà qui paraît bien surprenant quand on y réfléchit. Et pourtant ceux qui ne peuvent suivre ce raisonnement qu'avec peine sont en majorité; cela est incontestable, et l'expérience des maîtres de l'enseignement secondaire ne me contredira certes pas.

Et il y a plus; comment l'erreur est-elle possible en Mathématiques? Une intelligence saine ne doit pas commettre de faute de logique, et cependant il y a des esprits très fins, qui ne broncheront pas dans un raisonnement court tel que ceux que l'on a à faire dans les actes ordinaires de la vie, et qui sont incapables de suivre ou de répéter sans erreur les démonstrations des Mathématiques qui sont plus longues, mais qui ne sont, après tout, qu'une accumulation de petits raisonnements tout à fait analogues à ceux qu'ils font si facilement. Est-il nécessaire d'ajouter que les bons mathématiciens eux-mêmes ne sont pas infaillibles?

La réponse me semble s'imposer. Imaginons une longue série de syllogismes, et que les conclusions des premiers servent de prémisses aux suivants; nous serons capables de saisir chacun de ces syllogismes, et ce n'est pas dans le passage des prémisses à la conclusion que nous risquons de nous tromper. Mais, entre le moment où nous rencontrons pour la première fois une proposition, comme conclusion d'un syllogisme, et celui où nous la retrouvons comme prémisse d'un autre syllogisme, il se sera écoulé parfois beaucoup de temps, on aura déroulé de nombreux anneaux de la chaîne; il peut donc arriver qu'on l'ait oubliée, ou, ce qui est plus grave, qu'on en ait oublié le sens. Il peut donc se faire qu'on la remplace par une proposition un peu différente, ou que, tout en conservant le même énoncé, on lui attribue un sens un peu différent, et c'est ainsi qu'on est exposé à l'erreur.

Souvent le mathématicien doit se servir d'une règle : naturellement il a commencé par démontrer cette règle; au moment où cette démonstration était toute fraîche dans son souvenir, il en comprenait parfaitement le sens et la portée, et il ne risquait pas de l'altérer. Mais ensuite il l'a confiée à sa mémoire et il ne l'applique plus que d'une façon mécanique; alors, si la mémoire lui fait défaut, il peut l'appliquer tout de travers. C'est ainsi, pour prendre un exemple simple et presque vulgaire, que nous faisons quelquefois des fautes de calcul parce que nous avons oublié notre table de multiplication.

A ce compte, l'aptitude spéciale aux Mathématiques ne serait due qu'à une mémoire très sûre, ou bien à une force d'attention prodigieuse. Ce

[1] Par suite d'une entente avec l'Institut général psychologique, cette conférence est publiée dans le *Bulletin* de cette Société et, simultanément, par la *Revue du Mois* et la *Revue générale des Sciences*.

Digitized by Google

serait une qualité analogue à celle du joueur de whist, qui retient les cartes tombées; ou bien, pour nous élever d'un degré, à celle du joueur d'échecs, qui peut envisager un nombre très grand de combinaisons et les garder dans sa mémoire. Tout bon mathématicien devrait être en même temps bon joueur d'échecs, et inversement; il devrait être également un bon calculateur numérique. Certes, cela arrive quelquefois : ainsi Gauss était à la fois un géomètre de génie et un calculateur très précoce et très sûr.

Mais il y a des exceptions, ou plutôt je me trompe; je ne puis pas appeler cela des exceptions, sans quoi les exceptions seraient plus nombreuses que les cas conformes à la règle. C'est Gauss, au contraire, qui était une exception. Quant à moi, je suis obligé de l'avouer, je suis absolument incapable de faire une addition sans faute. Je serais également un fort mauvais joueur d'échecs; je calculerais bien qu'en jouant de telle façon, je m'expose à tel danger; je passerais en revue beaucoup d'autres coups que je rejetterais pour d'autres raisons, et je finirais par jouer le coup d'abord examiné, ayant oublié dans l'intervalle le danger que j'avais prévu.

En un mot, ma mémoire n'est pas mauvaise, mais elle serait insuffisante pour faire de moi un bon joueur d'échecs. Pourquoi donc ne me fait-elle pas défaut dans un raisonnement mathématique difficile, où la plupart des joueurs d'échecs se perdraient? C'est évidemment parce qu'elle est guidée par la marche générale du raisonnement. Une démonstration mathématique n'est pas une simple juxtaposition de syllogismes : ce sont des syllogismes *placés dans un certain ordre*, et l'ordre dans lequel ces éléments sont placés est beaucoup plus important que ne le sont ces éléments eux-mêmes. Si j'ai le sentiment, l'intuition, pour ainsi dire, de cet ordre, de façon à apercevoir d'un coup d'œil l'ensemble du raisonnement, je ne dois plus craindre d'oublier l'un des éléments; chacun d'eux viendra se placer de lui-même dans le cadre qui lui est préparé, et sans que j'aie à faire aucun effort de mémoire.

Il me semble alors, en répétant un raisonnement appris, que j'aurais pu l'inventer; ou plutôt, même si cela est une illusion, si je ne suis pas assez fort pour créer par moi-même, je le réinvente moi-même, à mesure que je le répète.

On conçoit que ce sentiment, cette intuition de l'ordre mathématique, qui nous fait deviner des harmonies et des relations cachées, ne puisse appartenir à tout le monde. Les uns ne posséderont ni ce sentiment délicat et difficile à définir, ni une force de mémoire et d'attention au-dessus de l'ordinaire, et alors ils seront absolument incapables de comprendre les Mathématiques un peu élevées; c'est le plus grand nombre. D'autres n'auront ce sentiment qu'à un faible degré, mais ils seront doués d'une mémoire peu commune et d'une grande capacité d'attention. Ils apprendront par cœur les détails les uns après les autres; ils pourront comprendre les Mathématiques et quelquefois les appliquer, mais ils seront hors d'état de créer. Les autres, enfin, posséderont à un plus ou moins haut degré l'intuition spéciale dont je viens de parler, et alors non seulement ils pourront comprendre les Mathématiques, quand même leur mémoire n'aurait rien d'extraordinaire, mais ils pourront devenir créateurs et chercher à inventer avec plus ou moins de succès, suivant que cette intuition est chez eux plus ou moins développée.

Qu'est-ce, en effet, que l'invention mathématique? Elle ne consiste pas à faire de nouvelles combinaisons avec des êtres mathématiques déjà connus. Cela, n'importe qui pourrait le faire; mais les combinaisons que l'on pourrait faire ainsi seraient en nombre fini, et le plus grand nombre est absolument dépourvu d'intérêt. Inventer, cela consiste précisément à ne pas construire les combinaisons inutiles et à construire celles qui sont utiles et qui ne sont qu'une infime minorité. Inventer, c'est discerner, c'est choisir.

Comment doit se faire ce choix? je l'ai expliqué ailleurs; les faits mathématiques dignes d'être étudiés, ce sont ceux qui, par leur analogie avec d'autres faits, sont susceptibles de nous conduire à la connaissance d'une loi mathématique, de la même façon que les faits expérimentaux nous conduisent à la connaissance d'une loi physique. Ce sont ceux qui nous révèlent des parentés insoupçonnées entre d'autres faits, connus depuis longtemps, mais qu'on croyait à tort étrangers les uns aux autres.

Parmi les combinaisons que l'on choisira, les plus fécondes seront souvent celles qui sont formées d'éléments empruntés à des domaines très éloignés. Je ne veux pas dire qu'il suffise pour inventer de rapprocher des objets aussi disparates que possible; la plupart des combinaisons qu'on formerait ainsi seraient entièrement stériles; mais quelques-unes d'entre elles, bien rares, sont les plus fécondes de toutes.

Inventer, je l'ai dit, c'est choisir; mais le mot n'est peut-être pas tout à fait juste. Il fait penser à un acheteur à qui l'on présente un grand nombre d'échantillons, qui les examine l'un après l'autre de façon à faire son choix. Ici les échantillons seraient tellement nombreux qu'une vie entière ne suffirait pas pour les examiner. Ce n'est pas ainsi que les choses se passent. Les combinaisons stériles ne se présenteront même pas à l'esprit de

Digitized by Google

l'inventeur. Dans le champ de sa conscience n'apparaîtront jamais que les combinaisons réellement utiles, et quelques autres qu'il rejettera, mais qui participent un peu des caractères des combinaisons utiles. Tout se passe comme si l'inventeur était un examinateur du deuxième degré, qui n'aurait plus à interroger que les candidats déclarés admissibles après une première épreuve.

II

Mais ce que j'ai dit jusqu'ici, c'est ce qu'on peut observer ou inférer en lisant les écrits des géomètres, à la condition de faire cette lecture avec quelque réflexion.

Il est temps de pénétrer plus avant et de voir ce qui se passe dans l'âme même du mathématicien. Pour cela, je crois que ce que j'ai de mieux à faire, c'est de rappeler des souvenirs personnels. Seulement, je vais me circonscrire et vous raconter seulement comment j'ai écrit mon premier Mémoire sur les fonctions fuchsiennes. Je vous demande pardon, je vais employer quelques expressions techniques; mais elles ne doivent pas vous effrayer, vous n'avez aucun besoin de les comprendre. Je dirai, par exemple : J'ai trouvé la démonstration de tel théorème dans telles circonstances; ce théorème aura un nom barbare, que beaucoup d'entre vous ne connaîtront pas, mais cela n'a aucune importance; ce qui est intéressant pour le psychologue, ce n'est pas le théorème, ce sont les circonstances.

Depuis quinze jours, je m'efforçais de démontrer qu'il ne pouvait exister aucune fonction analogue à ce que j'ai appelé depuis les fonctions fuchsiennes; j'étais alors fort ignorant; tous les jours, je m'asseyais à ma table de travail, j'y passais une heure ou deux, j'essayais un grand nombre de combinaisons et je n'arrivais à aucun résultat. Un soir, je pris du café noir contrairement à mon habitude; je ne pus m'endormir; les idées surgissaient en foule; je les sentais comme se heurter, jusqu'à ce que deux d'entre elles s'accrochassent pour ainsi dire pour former une combinaison stable. Le matin, j'avais établi l'existence d'une classe de fonctions fuchsiennes, celles qui dérivent de la série hypergéométrique; je n'eus plus qu'à rédiger les résultats, ce qui ne me prit que quelques heures.

Je voulus ensuite représenter ces fonctions par le quotient de deux séries; cette idée fut parfaitement consciente et réfléchie; l'analogie avec les fonctions elliptiques me guidait. Je me demandai quelles devaient être les propriétés de ces séries si elles existaient, et j'arrivai sans difficulté à former les séries que j'ai appelées thétafuchsiennes.

A ce moment, je quittai Caen, que j'habitais alors, pour prendre part à une course géologique entreprise par l'École des Mines. Les péripéties du voyage me firent oublier mes travaux mathématiques; arrivés à Coutances, nous montâmes dans un omnibus pour je ne sais quelle promenade; au moment où je mettais le pied sur le marche-pied, l'idée me vint, sans que rien de mes pensées antérieures parut m'y avoir préparé, que les transformations dont j'avais fait usage pour définir les fonctions fuchsiennes sont identiques à celles de la Géométrie non-euclidienne. Je ne fis pas la vérification; je n'en aurais pas eu le temps, puisque, à peine assis dans l'omnibus, je repris la conversation commencée, mais j'eus tout de suite une entière certitude. De retour à Caen, je vérifiai le résultat à tête reposée pour l'acquit de ma conscience.

Je me mis alors à étudier des questions d'Arithmétique sans grand résultat apparent et sans soupçonner que cela pût avoir le moindre rapport avec mes recherches antérieures. Dégoûté de mon insuccès, j'allai passer quelques jours au bord de la mer, et je pensai à tout autre chose. Un jour, en me promenant sur une falaise, l'idée me vint, toujours avec les mêmes caractères de brièveté, de soudaineté et de certitude immédiate, que les transformations arithmétiques des formes quadratiques ternaires indéfinies sont identiques à celles de la Géométrie non euclidienne.

Étant revenu à Caen, je réfléchis sur ce résultat, et j'en tirai les conséquences; l'exemple des formes quadratiques me montrait qu'il y a des groupes fuchsiens autres que ceux qui correspondent à la série hypergéométrique; je vis que je pouvais leur appliquer la théorie des séries thétafuchsiennes et que, par conséquent, il existe des fonctions fuchsiennes autres que celles qui dérivent de la série hypergéométrique, les seules que je connusse jusqu'alors. Je me proposai naturellement de former toutes ces fonctions; j'en fis un siège systématique et j'enlevai l'un après l'autre tous les ouvrages avancés; il y en avait un, cependant, qui tenait encore et dont la chute devait entraîner celle du corps de place. Mais tous mes efforts ne servirent d'abord qu'à me mieux faire connaître la difficulté, ce qui était déjà quelque chose. Tout ce travail fut parfaitement conscient.

Là-dessus, je partis pour le Mont Valérien, où je devais faire mon service militaire; j'eus donc des préoccupations très différentes. Un jour, en traversant le boulevard, la solution de la difficulté qui m'avait arrêté m'apparut tout à coup. Je ne cherchai pas à l'approfondir immédiatement, et ce fut seulement après mon service que je repris la question. J'avais tous les éléments, je n'avais qu'à les rassembler et à les ordonner. Je rédigeai donc

Digitized by Google

mon Mémoire définitif d'un trait et sans aucune peine.

III

Je me bornerai à cet exemple unique; il est inutile de les multiplier; en ce qui concerne mes autres recherches, j'aurais à vous faire des récits tout à fait analogues; et les observations rapportées par d'autres mathématiciens dans l'enquête de *l'Enseignement mathématique* ne pourraient que les confirmer.

Ce qui vous frappera tout d'abord, ce sont ces apparences d'illumination subite, signes manifestes d'un long travail inconscient antérieur; le rôle de ce travail inconscient, dans l'invention mathématique, me paraît incontestable et l'on en trouverait des traces dans d'autres cas où il est moins évident. Souvent, quand on travaille une question difficile, on ne fait rien de bon la première fois qu'on se met à la besogne; ensuite, on prend un repos plus ou moins long, et on s'asseoit de nouveau devant sa table. Pendant la première demi-heure, on continue à ne rien trouver; puis, tout à coup, l'idée décisive se présente à l'esprit. On pourrait dire que le travail conscient a été plus fructueux parce qu'il a été interrompu et que le repos a rendu à l'esprit sa force et sa fraîcheur. Mais il est plus probable que ce repos a été rempli par un travail inconscient, et que le résultat de ce travail s'est révélé ensuite au géomètre, tout à fait comme dans les cas que j'ai cités; seulement la révélation, au lieu de se faire jour pendant une promenade ou un voyage, s'est produite pendant une période de travail conscient, mais indépendamment de ce travail, qui joue tout au plus un rôle de déclanchement, comme s'il était l'aiguillon qui aurait excité les résultats déjà acquis pendant le repos, mais restés inconscients, à revêtir la forme consciente.

Il y a une autre remarque à faire au sujet des conditions de ce travail inconscient; c'est qu'il n'est possible et, en tout cas, qu'il n'est fécond que s'il est, d'une part, précédé, et, d'autre part, suivi d'une période de travail conscient. Jamais (et les exemples que je vous ai cités le prouvent déjà suffisamment) ces inspirations subites ne se produisent sinon après quelques jours d'efforts volontaires, qui ont paru absolument infructueux et où l'on a cru ne rien faire de bon, où il semble qu'on a fait totalement fausse route. Ces efforts n'ont donc pas été aussi stériles qu'on le pense; ils ont mis en branle la machine inconsciente, et sans eux elle n'aurait pas marché et elle n'aurait rien produit.

La nécessité de la seconde période de travail conscient, après l'inspiration, se comprend mieux encore Il faut mettre en œuvre les résultats de cette inspiration, en déduire les conséquences immédiates, les ordonner, rédiger les démonstrations. Mais surtout il faut les vérifier. Je vous ai parlé du sentiment de certitude absolue qui accompagne l'inspiration; dans les cas cités, ce sentiment n'était pas trompeur, et le plus souvent il en est ainsi; mais il faut se garder de croire que ce soit une règle sans exception; souvent ce sentiment nous trompe, sans pour cela être moins vif, et l'on ne s'en aperçoit que quand on cherche à mettre la démonstration sur pied. J'ai observé surtout le fait pour les idées qui me sont venues le matin ou le soir dans mon lit, dans un état semi-hypnotique.

IV

Tels sont les faits, et voici maintenant les réflexions qu'ils nous imposent. Le moi inconscient ou, comme on dit, le moi subliminal joue un rôle capital dans l'invention mathématique; cela résulte de tout ce qui précède. Mais on considère d'ordinaire le moi subliminal comme purement automatique. Or nous avons vu que le travail mathématique n'est pas un simple travail mécanique, qu'on ne saurait le confier à une machine, quelque perfectionnée qu'on la suppose. Il ne s'agit pas seulement d'appliquer des règles, de fabriquer le plus de combinaisons possibles d'après certaines lois fixes. Les combinaisons ainsi obtenues seraient extrêmement nombreuses, inutiles et encombrantes. Le véritable travail de l'inventeur consiste à choisir entre ces combinaisons, de façon à éliminer celles qui sont inutiles ou plutôt à ne pas se donner la peine de les faire. Et les règles qui doivent guider ce choix sont extrêmement fines et délicates; il est à peu près impossible de les énoncer dans un langage précis; elles se sentent plutôt qu'elles ne se formulent; comment, dans ces conditions, imaginer un crible capable de les appliquer mécaniquement?

Et alors une première hypothèse se présente à nous; le moi subliminal n'est nullement inférieur au moi conscient; il n'est pas purement automatique, il est capable de discernement, il a du tact, de la délicatesse; il sait choisir, il sait deviner. Que dis-je? Il sait mieux deviner que le moi conscient, puisqu'il réussit là où celui-ci avait échoué. En un mot, le moi subliminal n'est-il pas supérieur au moi conscient? Vous comprenez toute l'importance de cette question. M. Boutroux, dans une conférence faite ici-même il y a deux mois, vous a montré comment elle s'était posée à des occasions toutes différentes et quelles conséquences entraînerait une réponse affirmative.

Cette réponse affirmative nous est-elle imposée

Digitized by Google

par les faits que je viens de vous exposer? J'avoue que, pour ma part, je ne l'accepterais pas sans répugnance. Revoyons donc les faits et cherchons s'ils ne comporteraient pas une autre explication.

Il est certain que les combinaisons qui se présentent à l'esprit, dans une sorte d'illumination subite, après un travail inconscient un peu prolongé, sont généralement des combinaisons utiles et fécondes, qui semblent le résultat d'un premier triage. S'ensuit-il que le moi subliminal, ayant deviné par une intuition délicate que ces combinaisons pouvaient être utiles, n'a formé que celles-là, ou bien en a-t-il formé beaucoup d'autres qui étaient dépourvues d'intérêt et qui sont demeurées inconscientes.

Dans cette seconde manière de voir, toutes les combinaisons se formeraient par suite de l'automatisme du moi subliminal, mais, seules, celles qui seraient intéressantes pénétreraient dans le champ de la conscience. Et cela est encore très mystérieux. Quelle est la cause qui fait que, parmi les mille produits de notre activité inconsciente, il y en a qui sont appelés à franchir le seuil, tandis que d'autres restent en deçà? Est-ce un simple hasard qui leur confère ce privilège? Évidemment non; parmi toutes les excitations de nos sens, par exemple, les plus intenses seules retiendront notre attention, à moins que cette attention n'ait été attirée sur elles par d'autres causes. Plus généralement, les phénomènes inconscients privilégiés, ceux qui sont susceptibles de devenir conscients, ce sont ceux qui, directement ou indirectement, affectent le plus profondément notre sensibilité.

On peut s'étonner de voir invoquer la sensibilité à propos de démonstrations mathématiques, qui, semble-t-il, ne peuvent intéresser que l'intelligence. Ce serait oublier le sentiment de la beauté mathématique, de l'harmonie des nombres et des formes, de l'élégance géométrique. C'est un véritable sentiment esthétique que tous les vrais mathématiciens connaissent. Et c'est bien là de la sensibilité.

Or, quels sont les êtres mathématiques auxquels nous attribuons ce caractère de beauté et d'élégance et qui sont susceptibles de développer en nous une sorte d'émotion esthétique? Ce sont ceux dont les éléments sont harmonieusement disposés, de façon que l'esprit puisse sans effort en embrasser l'ensemble tout en pénétrant les détails. Cette harmonie est à la fois une satisfaction pour nos besoins esthétiques et une aide pour l'esprit, qu'elle soutient et qu'elle guide. Et, en même temps, en mettant sous nos yeux un tout bien ordonné, elle nous fait pressentir une loi mathématique. Or, nous l'avons dit plus haut, les seuls faits mathématiques dignes de retenir notre attention et susceptibles d'être utiles sont ceux qui peuvent nous faire connaître une loi mathématique. De sorte que nous arrivons à la conclusion suivante: Les combinaisons utiles, ce sont précisément les plus belles, je veux dire celles qui peuvent le mieux charmer cette sensibilité spéciale que tous les mathématiciens connaissent, mais que les profanes ignorent au point qu'ils sont souvent tentés d'en sourire.

Qu'arrive-t-il alors? Parmi les combinaisons en très grand nombre que le moi subliminal a aveuglément formées, presque toutes sont sans intérêt et sans utilité, mais par cela même elles sont sans action sur la sensibilité esthétique; la conscience ne les connaîtra jamais; quelques-unes seulement sont harmonieuses, et par suite à la fois utiles et belles; elles seront capables d'émouvoir cette sensibilité spéciale du géomètre dont je viens de vous parler, et qui, une fois excitée, appellera sur elles notre attention, et leur donnera ainsi l'occasion de devenir conscientes.

Ce n'est là qu'une hypothèse, et cependant voici une observation qui pourrait la confirmer: Quand une illumination subite envahit l'esprit du mathématicien, il arrive le plus souvent qu'elle ne le trompe pas; mais il arrive aussi quelquefois, je l'ai dit, qu'elle ne supporte pas l'épreuve d'une vérification; eh bien, on remarque presque toujours que cette idée fausse, si elle avait été juste, aurait flatté notre instinct naturel de l'élégance mathématique.

Ainsi c'est cette sensibilité esthétique spéciale qui joue le rôle du crible délicat dont je parlais plus haut, et cela fait comprendre assez pourquoi celui qui en est dépourvu ne sera jamais un véritable inventeur.

V

Toutes les difficultés n'ont pas disparu cependant; le moi conscient est étroitement borné; quant au moi subliminal, nous n'en connaissons pas les limites, et c'est pourquoi nous ne répugnons pas trop à supposer qu'il a pu former en peu de temps plus de combinaisons diverses que la vie entière d'un être conscient ne pourrait en embrasser. Ces limites existent cependant; est-il vraisemblable qu'il puisse former toutes les combinaisons possibles, dont le nombre effrayerait l'imagination; cela semblerait nécessaire néanmoins, car, s'il ne produit qu'une petite partie de ces combinaisons, et s'il le fait au hasard, il y aura bien peu de chances pour que la *bonne*, celle qu'on doit choisir, se trouve parmi elles.

Peut-être faut-il chercher l'explication dans cette période de travail conscient préliminaire qui précède toujours tout travail inconscient fructueux. Qu'on me permette une comparaison grossière. Représentons-nous les éléments futurs de nos combinaisons comme quelque chose de semblable

Digitized by Google

aux atomes crochus d'Épicure. Pendant le repos complet de l'esprit, ces atomes sont immobiles, ils sont pour ainsi dire accrochés au mur : ce repos complet peut donc se prolonger indéfiniment sans que ces atomes se rencontrent, et, par conséquent, sans qu'aucune combinaison puisse se produire entre eux.

Au contraire, pendant une période de repos apparent et de travail inconscient, quelques-uns d'entre eux sont détachés du mur et mis en mouvement. Ils sillonnent dans tous les sens l'espace, j'allais dire la pièce où ils sont enfermés, comme pourrait le faire, par exemple, une nuée de moucherons, ou, si vous préférez une comparaison plus savante, comme le font les molécules gazeuses dans la théorie cinétique des gaz. Leurs chocs mutuels peuvent alors produire des combinaisons nouvelles.

Quel va être le rôle du travail conscient préliminaire? C'est évidemment de mobiliser quelques-uns de ces atomes, de les décrocher du mur et de les mettre en branle. On croit qu'on n'a rien fait de bon parce qu'on a remué ces éléments de mille façons diverses pour chercher à les assembler et qu'on n'a pu trouver d'assemblage satisfaisant. Mais, après cette agitation qui leur a été imposée par notre volonté, ces atomes ne rentrent pas dans leur repos primitif. Ils continuent librement leur danse. Or, notre volonté ne les a pas choisis au hasard, elle poursuivait un but parfaitement déterminé ; les atomes mobilisés ne sont donc pas des atomes quelconques; ce sont ceux dont on peut raisonnablement attendre la solution cherchée. Les atomes mobilisés vont alors subir des chocs, qui les feront entrer en combinaison, soit entre eux, soit avec d'autres atomes restés immobiles et qu'ils seront venus heurter dans leur course. Je vous demande pardon encore une fois; ma comparaison est bien grossière, mais je ne sais trop comment je pourrais faire comprendre autrement ma pensée.

Quoi qu'il en soit, les seules combinaisons qui ont chance de se former, ce sont celles où l'un des éléments, au moins, est l'un de ces atomes librement choisis par notre volonté. Or, c'est évidemment parmi elles que se trouve ce que j'appelais tout à l'heure la *bonne combinaison*. Peut-être y a-t-il là un moyen d'atténuer ce qu'il y avait de paradoxal dans l'hypothèse primitive.

Autre observation. Il n'arrive jamais que le travail inconscient nous fournisse *tout fait* le résultat d'un calcul un peu long, où l'on n'a qu'à appliquer des règles fixes. On pourrait croire que le moi subliminal, tout automatique, est particulièrement apte à ce genre de travail, qui est en quelque sorte exclusivement mécanique. Il semble qu'en pensant le soir aux facteurs d'une multiplication, on pourrait espérer trouver le produit tout fait à son réveil, ou bien encore qu'un calcul algébrique, une vérification, par exemple, pourrait se faire inconsciemment. Il n'en est rien, l'observation le prouve. Tout ce qu'on peut espérer de ces inspirations, qui sont les faits du travail inconscient, ce sont des points de départ pour de semblables calculs; quant aux calculs eux-mêmes, il faut les faire dans la seconde période de travail conscient, celle qui suit l'inspiration, celle où l'on vérifie les résultats de cette inspiration et où l'on en tire les conséquences. Les règles de ces calculs sont strictes et compliquées ; elles exigent la discipline, l'attention, la volonté et, par suite, la conscience. Dans le moi subliminal règne, au contraire, ce que j'appellerais la liberté, si l'on pouvait donner ce nom à la simple absence de discipline et au désordre né du hasard. Seulement ce désordre même permet des accouplements inattendus.

Je ferai une dernière remarque : Quand je vous ai exposé plus haut quelques observations personnelles, j'ai parlé d'une nuit d'excitation, où je travaillais comme malgré moi; les cas où il en est ainsi sont fréquents, et il n'est pas nécessaire que l'activité cérébrale anormale soit causée par un excitant physique comme celui que j'ai cité. Eh bien, il semble que, dans ce cas, on assiste soi-même à son propre travail inconscient, qui est devenu partiellement perceptible à la conscience surexcitée et qui n'a pas pour cela changé de nature. On se rend alors vaguement compte de ce qui distingue les deux mécanismes ou, si vous voulez, les méthodes de travail des deux « moi ». Et les observations psychologiques que j'ai pu faire ainsi me semblent confirmer dans leurs traits généraux les vues que je viens d'émettre.

Certes, elles en ont bien besoin, car elles sont et restent, malgré tout, bien hypothétiques : l'intérêt de la question est si grand pourtant que je ne me repens pas de vous les avoir soumises.

Henri Poincaré,

Membre de l'Académie des Sciences
et de l'Académie française.

Digitized by Google

LA QUESTION ANTARCTIQUE
D'APRÈS LES VOYAGES EXÉCUTÉS VERS LE POLE SUD DEPUIS 1898

PREMIÈRE PARTIE : HISTOIRE DES EXPÉDITIONS

M. le Dr J.-B. Charcot prépare, sous le haut patronage de l'Académie des Sciences et du Muséum d'Histoire naturelle, une seconde expédition vers les parages où il a conduit, en 1903-1905, la glorieuse croisière du *Français*; il compte être en mesure de prendre la mer dans quelques semaines. D'autres Missions, deux anglaises, une écossaise, vont aussi partir, ou sont déjà parties pour visiter de nouveau les mers de Ross et de Weddel. Enfin, un voyage belge circumpolaire est décidé. Au moment où va se produire cette seconde entreprise internationale pour arracher leurs secrets aux glaces du Sud, il a paru utile de présenter aux lecteurs de la *Revue* un bref tableau des résultats acquis par les derniers voyages dans l'Antarctique, et aussi une vue d'ensemble des questions dont on espère pouvoir dégager un peu plus la solution. Nos guides dans cet exposé seront les relations mêmes des explorateurs, les volumes d'observations scientifiques déjà publiés par leurs soins ou par ceux des divers Gouvernements, et, pour ce qui concerne les croisières préparées ou commencées, la brochure dans laquelle le Comité de l'Académie des Sciences vient de tracer son beau programme à M. Charcot.

I. — Les explorations sud-polaires depuis 1898.

C'est le mémorable voyage de la *Belgica*, en 1898-1899, vers la Terre de Danco et les îles voisines, qui a ouvert l'ère actuelle des découvertes sud-polaires : aucun autre navire, avant celui de M. de Gerlache, parti dans un but strictement scientifique, n'avait hiverné dans les glaces australes; aucun autre chef de mission n'avait pu diriger des observations aussi précises, sinon aussi prolongées.

Les dimensions de cette étude ne nous permettent pas d'indiquer comment se présentait dans ses détails la question antarctique avant les découvertes de la *Belgica*, ni d'esquisser l'histoire, si bien faite par M. de Gerlache[1] lui-même et par d'autres, des voyages antérieurs. Nous voudrions seulement indiquer d'abord les caractères communs qu'ont offerts les expéditions dirigées vers le pôle Sud depuis 1898, et aussi ce qui constitue la marque spéciale de chacune.

Quelques-unes des croisières dont il s'agit ont été organisées avec magnificence, surtout l'expédition anglaise de la *Discovery* et l'expédition allemande du *Gauss*. Cette dernière, en particulier, a été préparée minutieusement depuis 1895, patronnée et subventionnée par l'Empereur, par toutes les grandes sociétés d'études (Société de Géographie de Berlin, « Flotteverein », etc.), dotée en définitive d'un budget de plus de 1.100.000 marks, et pourvue d'un matériel hors ligne. Mais plusieurs des navires destinés au Pôle Sud ont été équipés avec des moyens trop réduits, ce qui, d'ailleurs, fait valoir davantage les résultats obtenus, et laisse place à toutes les espérances avec une plus large organisation. La *Belgica*, par exemple, n'est qu'un petit bateau de 244 tonneaux, et M. de Gerlache a dû se tirer d'affaire avec 345.000 francs. M. le Dr Charcot n'a eu à sa disposition pour le *Français* que 450.000 francs, fournis par lui-même, ou amassés péniblement et en hâte par dons et souscriptions, sans intervention de l'État; il ne faut pas craindre de dire, après le chef de la Mission, qu'il aurait pu, avec plus de ressources, compléter et peut-être mieux soigner encore son outillage scientifique et sa machinerie. Cela a été, au moins, une leçon qu'un pareil aveu, fait à propos d'une expédition qui a tant travaillé pour la science et pour le renom français. — Quoi qu'il en soit, toutes les Missions se sont ressemblé par le soin extrême apporté au recrutement du personnel, et spécialement des états-majors, formés de spécialistes dont beaucoup portent des noms illustres. On n'a de même reculé devant aucune difficulté, ni aucun danger, pour que les observations fussent aussi prolongées et aussi exactes que possible : toutes les Missions ont hiverné une ou deux fois dans les glaces, sans exception. Enfin, c'est souvent avec un véritable luxe que la publication des résultats a pu être entreprise, grâce au généreux appui des Gouvernements et des Sociétés d'études ou Académies.

Pour les difficultés de l'observation scientifique, bien plus considérables à certains égards que dans la région arctique, nous nous contenterons ici de faire ressortir les suivantes : les périls de la navi-

[1] Voir: de Gerlache : Note sur les expéditions qui ont précédé celle de la *Belgica*. *Bull. Soc. roy. belge de Géogr.* 1900, p. 365-531. — De Gerlache, Dr Charcot : Introductions de leurs récits de voyage, plus bas cités. — Pariset (E.) : Vers la terre polaire australe. *Mém. Acad. Sc. et B. Lettres de Lyon*, 1905, p. 247-374. — Et surtout l'ouvrage maintenant classique de G. Murray : Antartic Manual. Londres, 1901.

Digitized by Google

gation dans ces mers houleuses et presque toujours brumeuses, couvertes en toute saison de glaces flottantes ; l'énorme largeur de la banquise ou des glaces côtières de diverse nature, toujours très accidentées, qui défendent presque partout l'approche de la terre ferme, provoquent des confusions constantes entre les masses lointaines de glaces et le relief, rendent souvent impossible le repérage des positions déjà vues, créent mille dangers et mille retards dans l'exécution des raids à pied ou en traîneau ; enfin, les déplorables effets physiologiques de l'anémie polaire, dissimulés par certains voyageurs, mais qui peuvent aller jusqu'à des troubles intellectuels très graves, et à des accidents mortels. Ces quelques indications montrent l'étendue de la reconnaissance que l'on doit aux voyageurs.

Fig. 1. — *Ile Wandel.*

§ 1. — Voyages dans l'Antarctide de l'Ouest.

C'est dans ces conditions qu'en 1898 M. de Gerlache lança la *Belgica* dans l'exploration détaillée du complexe d'îles et de terres situées au sud du cap Horn, par delà les Shetlands du Sud, et déjà visitées par Bellingshausen, Dumont-d'Urville et Dallmann. L'explorateur découvrit le détroit qui porte son nom, entre la *Terre de Danco* et l'archipel alors appelé Dirck-Gherritz ; il en leva les deux rives et joignit à ce levé détaillé, le premier qui eût été exécuté dans les régions sud-polaires, d'abondantes photographies. Puis la *Belgica* gagna le sud-ouest de la *Terre Alexandre Ier* et s'enfonça dans la banquise, où elle se laissa dériver du 28 février 1898 au 13 mars 1899 ; c'est le 31 mai 1898 qu'elle atteignit le point extrême de cette dérive : 70° 40′. Elle rapporta une telle moisson d'observations scientifiques qu'un irrésistible courant de curiosité était désormais créé vers cette région[1].

[1] Le *Bulletin de la Société royale belge de Géographie* de 1900 contient (p. 7-230) les conférences faites par les divers membres de la Mission dès leur retour. Voir notamment : Arçtowski : Géographie physique de la région visitée par l'expédition (p. 93-175). — Voir aussi : E. Racovitsa : Résultats généraux de l'Expédition antarctique belge. *La Géogr.*, 1900, p. 81-92.

Les principales relations détaillées du voyage sont les suivantes : Dr Fr. A. Cook : Trough the first antarctic night. Londres, 1900, in-8°. — De Gerlache : Quinze mois dans l'Antarctique. Bruxelles, 1902, in-8°.

Les résultats scientifiques ont commencé à paraître à

Digitized by Google

En 1902-1903, M. *Otto Nordenskjöld*, parti sur l'*Antarctic*, compléta ces découvertes en explorant les parages à l'E. et au N.-E. de la Terre de Graham, et arriva à individualiser ainsi d'une façon complète un premier groupe de terres australes, pour lesquelles il proposa le nom d'*Antarctide de l'Ouest*. Il exécuta le levé détaillé de la rive S. du *détroit de Bransfield*, sur lequel le *détroit de Gerlache* débouche par le *canal d'Orléans*, et le levé de la côte E. des *Terres Louis-Philippe* et *du Roi Oscar*, ainsi que des îles voisines (*Joinville*, *Ross*, etc.). Le chef de l'expédition demeura à *Snow-Hill* (île Seymour), par 64° 22′ S., de février 1902 au 8 novembre 1903, rejoint pendant le second hivernage par un groupe laissé à la *Baie de l'Espérance* (Gunnar Andersson), et peu après par le reste de l'équipage de l'*Antarctic*, qui avait quitté le navire broyé par les glaces, pour se réfugier à l'*île Paulet*. La Mission, rapatriée, au bout de 22 mois de séjour dans les glaces, par le vaisseau argentin l'*Uruguay*, rapporta donc les résultats d'observations poursuivies sur trois points différents, et complétées par des raids qu'avait exécutés son chef sur la banquise de la Terre du Roi Oscar[1]. Mais une partie des collections avaient sombré avec l'*Antarctic*.

M. Otto Nordenskjöld se trouvait encore à Buenos-Ayres quand y arriva le *Français* (fig. 3), avec M. le *Dr Charcot*. D'abord décidé à une exploration dans l'Océan arctique, M. Charcot avait, avec l'appui de l'Académie des Sciences et du Muséum, fait construire et armer précipitamment son navire, pour que la France pût prendre sa part dans la découverte de l'Antarctide de l'Ouest. Son dévouement et l'admirable endurance dont la Mission entière fit preuve durant un séjour d'un an dans les glaces portèrent tous leurs fruits. Deux croisières permirent de faire le levé de l'*archipel Palmer* du côté du Pacifique, de terminer l'exploration de la partie Sud du détroit de Gerlache, et de repérer l'*archipel des Biscoë* ainsi que la *Terre Loubet*. L'hivernage de 1904 se fit à *Port-Charcot* (*île Wandel*) et donna lieu à des observations suivies, précises et variées, complétées par des séjours à *Port-Lockroy* (île Wiencke). La carte de la figure 2 fera apprécier l'importance géographique de cette œuvre, même à côté des travaux de la *Belgica* et de l'*Antarctic*[1].

§ 2. — Exploration des glaces australes au S. des Océans Atlantique et Indien.

Pendant que se précisait ainsi, au S. du cap Horn, l'existence d'une terre remarquablement

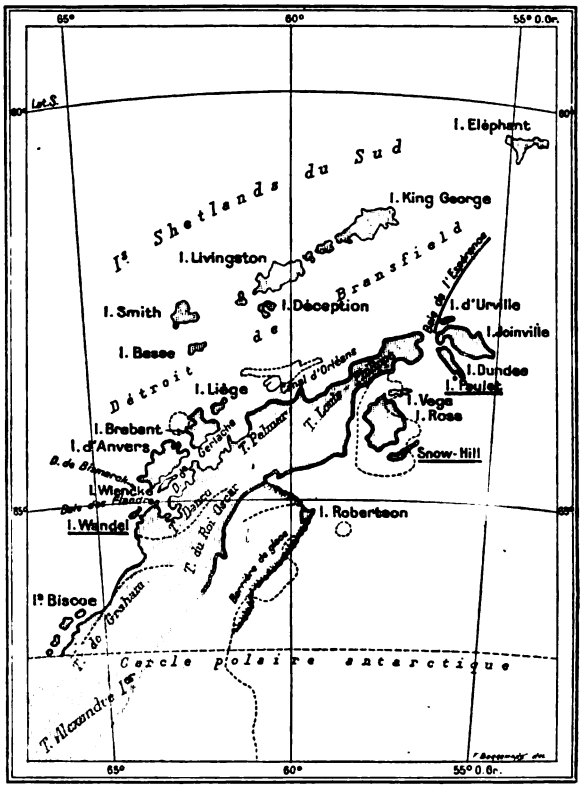


Fig. 2. — *Région explorée par les Missions de Gerlache, Otto Nordenskjöld et Charcot.*

——— Levés de la *Belgica*.
——— Tracé hypothétique après le voyage de la *Belgica*.
═══ Levés de la Mission Otto Nordenskjöld (*Antartic*).
▬▬▬ Levés du *Français*.

Les noms soulignés d'un double trait indiquent une station d'hivernage.

symétrique à l'extrémité de l'Amérique du Sud, Allemands et Écossais entreprenaient l'étude de la

Anvers dès 1901, en vol. in-4°, sous le titre : Expédition antarctique belge, résultats du voyage du S. y. « Belgica » en 1897-99. *Rapports scientifiques*. — Voir : Arçtowski : Die antarktische Eisverhæltnisse. *Pet. Mitth., Ergh.* 144, 1903.

[1] Otto Nordenskjöld : Au pôle antarctique. Trad. par Ch. Rabot, Paris, 1904, in-8°.

Otto Nordenskjöld et Gunnar Andersson : The swedish antarctic Expedition. *Geogr. Jo.*, 1904, p. 207-220. — O. Nordenskjöld : Résultats scientifiques de l'expédition antarctique suédoise. *La Géogr.*, 1904, II, p. 351-362. — Id. : Note sur la glaciation antarctique. *La Géogr.*, 1904, I, p. 5.

Sept volumes de résultats scientifiques sont annoncés ; ceux qui concernent l'histoire naturelle ont commencé à paraître en 1907. — En attendant la publication, v. plusieurs Mémoires donnés dans le *Bull. de l'Instit. géol. de l'Univ. d'Upsal*, et analysés dans l'excellente bibliographie des *Ann. de Géogr.* : O. Nordenskjöld : Recherches sur l'Antarctide de l'Ouest ; Gunnar Andersson : Sur la géologie de la Terre de Graham.

[1] V. : Dr Charcot : Le « Français » au pôle Sud. Paris, 1906, gr. in-8°.

Les volumes de résultats scientifiques sont en cours de publication, aux frais du Gouvernement et sous la direction d'un Comité élu par l'Académie des Sciences et par le Muséum. — On trouvera une vue d'ensemble des observations dans des appendices placés à la fin du volume précédent. Voir notamment : la Note sur les observations météorologiques, par J. J. Rey (p. 349-399) ; la description de la vie animale et végétale par J. Turquet (p. 415-444) ; l'étude de géologie et de glaciologie, par E. Gourdon (p. 444-460). — D'autre part, M. le Dr Charcot a exposé lui-même les travaux scientifiques de l'expédition dans *La Géogr.*, 1906, p. 245-260.

Digitized by Google

banquise située plus à l'E., déjà approchée ou pénétrée par Cook, Bellingshausen, Weddel, J. Ross, et, en dernier lieu, par le *Challenger* (1874). Sur le long espace qui s'étend jusqu'au S. de l'Australie, vers le théâtre des croisières de Dumont d'Urville et de Wilkes, les cartes ne portaient encore que l'indication approximative de l'emplacement du front des glaces, et de quelques terres entrevues ou supposées.

Fig. 3. — *Le « Français », navire de l'Expédition Charcot.*

L'expédition allemande du *Gauss*, dirigée par M. *von Drygalski*, et qui opéra juste en même temps que celle de l'*Antarctic* (1902-1903), put, grâce à un hivernage au S. S. E. de Kerguelen, par 66° 2', étudier dans le plus grand détail, non seulement la banquise, mais les diverses formations des glaces côtières qui la relient à l'inlandsis. Plusieurs raids périlleux permirent d'aborder la glace terrestre, de lever et de photographier le cône volcanique du *Gaussberg*, situé sur son rebord et peut-être amorce du continent polaire. L'outillage scientifique du navire, particulièrement soigné et manié par des spécialistes éprouvés, rendit possibles les observations de Physiographie et d'Histoire naturelle les plus précises. L'expédition était même pourvue d'un ballon qui fut plusieurs fois utilisé[1].

C'est, plus à l'O., vers la mer de Weddel, que la Mission écossaise de M. *Bruce*, partie sur la *Scotia*, dirigea ses recherches. Ses deux campagnes de 1903 et de 1904, marquées par des incursions dans la banquise, lui permirent de reconnaître un front glaciaire de 30 à 40 mètres de hauteur, qui fut longé sur 150 milles, et

[1] Von Drygalski a donné la relation détaillée du voyage du *Gauss* : Zum Kontinent des eisigen Südens, Berlin, 1904, gr. in-8°. — Voir aussi du même : Bericht über Verlauf und Ergebnisse der deutschen Südpolar Expedition. *Zeitschrift für Erdk.*, Berlin, 1904, 14-41.

Les rapports scientifiques détaillés paraissent par fascicules illustrés, gr. in-4°. Ils ont été résumés dans la publication suivante : Von Drygalski : Die deutsche süd-polar Expedition. Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten, Berlin, 1903, 8°. — Les *Verhandlungen* du 15e Congrès de Géologie à Dantzig (juin 1907) contiennent sept rapports des membres de la Mission intermédiaires entre la relation de voyage et les résultats scientifiques proprement dits. — Enfin M. le Dr Philippi, de l'expédition, qui s'était consacré, avec sa compétence bien connue, aux études de climat et de glaciologie, a donné, dans la *Zeitsch. der Gletscherkunde* (1er juillet 1907), un remarquable Mémoire intitulé : Ueber die Landeisbeobachtungen der letzten fünf sudpolar Expeditionen.

Digitized by Google

qui s'appuie vraisemblablement à la terre (*Terre de Coats*)[1].

§ 3. — Exploration des parages de la Terre Victoria

Au S. de la Nouvelle-Zélande, dans les parages où J. Ross s'était heurté, en 1842, après la découverte du mont Erebus, à la grande barrière de glaces qui porte son nom, deux expéditions scientifiques, contemporaines des précédentes, ont fixé les contours d'une partie des terres australes.

Le navire *Southern Cross*, parti au même moment que la *Belgica*, avec M. *Borchgrevink*, a séjourné dans la zone polaire du 17 février 1899 au 28 janvier 1900. La Mission qu'il portait a commencé le levé détaillé des terres au S. des îles Balleny : l'extrémité N. O. de la *Terre Victoria*, d'abord, où une station météorologique fut établie au *cap Adare* ; puis l'île Coulman, l'île de l'Erebus. Une croisière vers le S. E., le long de la grande barrière de Ross, et des excursions sur les glaces jusqu'à 78° 50′, au-delà du point extrême atteint par ce dernier, ont permis de fixer la nature de ces formations entre l'Erebus et la *Terre Edouard VII*. Les très belles collections d'histoire naturelle, les photographies de côtes ou de vallées découvertes, de moraines littorales, rapportées par la *Southern Cross*, constituent des documents scientifiques de première valeur[2].

Mais l'expédition la plus féconde en résultats de ce côté, et même la plus remarquable parmi toutes les missions antarctiques, a été celle de la *Discovery* (1902-1904), superbement organisée d'ailleurs. La reconnaissance et le levé des côtes de la Terre Victoria et îles voisines, depuis les parages du cap Adare et du Mont Sabine jusqu'au delà de 80° lat. S. (*détroit de Mac Murdo*); l'étude des parties découvertes et du relief littoral (Mont Melbourne, *Mont Discovery*, etc.); un raid audacieux de plus de 300 kilomètres, exécuté en traineau sur l'*inlandsis de la Terre Victoria*, fait unique dans les régions australes ; un hivernage à 78°, et la pointe poussée par le capitaine *Scott*, selon le 160e méridien E. de Paris, jusqu'à *82°17′* (record sud-polaire) ; l'examen de la grande barrière de Ross et de ses relations avec les terres voisines; enfin une abondance exceptionnelle d'observations : tels sont les principaux faits ou résultats qui peuvent donner une idée de l'importance de cette expédition. M. Scott a ajouté, comme l'avait fait von Drygalski, les observations faites en ballon aux observations directes. Il a pu étudier aussi, soit à l'aller, soit au retour, l'Océan austral au N. du cercle polaire, dans les parages visités autrefois par Dumont d'Urville (*Terre Adélie*) et par Wilkes, et formuler sur la découverte de ce dernier (Terre de Wilkes) une opinion négative que d'aucuns trouvent précipitée[1].

Fig. 4. — *Côtes de l'île Liège.*

[1] W. S. Bruce, Rob. C. Mossman, etc. : First antarctic voyage of the « Scotia ». *Scott. geogr. Magaz.*, 1904, p. 57-66, 113-133.

Pour la seconde croisière, voir *ibid.*, 1905, p. 23-37, 401-440.

[2] V. Borchgrevink : First on the antarctic continent, Londres, 1901, in-8°. Cette relation a été résumée dans *Geogr. Journ.*, 1901, p. 478. Une autre relation est celle donnée par Bernacchi : To the south polar regions. Londres, 1901, in-8°.

[1] Il déclare que la Terre de Wilkes est une illusion (« mistake »).

V. Scott : The Voyage of the *Discovery*. Londres, 1905, 2 vol. gr. in-8°. — Cette relation a été traduite en français : *La « Discovery » au Pôle Sud*. Paris, 2 vol. gr. in-8°, 1908.

Les rapports scientifiques sont en cours de publication. — Un exposé sommaire des résultats a été donné par divers membres de la Mission dans *Geogr. Journ.*, 1905, p. 353-405. — La relation précédente du capitaine Scott contient, d'ailleurs (t. II), deux appendices sur les observations géologiques et sur la faune australe.

Digitized by Google

II. — L' « Antarctide de l'Ouest », terrains et relief.

Plusieurs essais remarquables ont déjà été faits, en France et à l'Étranger, pour présenter une vue d'ensemble des résultats atteints par les Missions Antarctiques[1], ou bien le résumé de l'une des questions qu'elles ont soulevées[2]. Mais les meilleurs exposés généraux sont un peu anciens, et les auteurs n'avaient pu utiliser toutes les relations aujourd'hui parues.

Fig. 5. — *Chenal de Lemaire.*

C'est sur l'ensemble des terres situées au S. de l'Amérique, l'*Antarctide de l'Ouest*, pour employer la dénomination proposée par O. Nordenskjöld, que les expéditions de la *Belgica*, de l'*Antarctic* et du *Français* ont rapporté l'ensemble le plus considérable de renseignements précis. On peut aujourd'hui exposer les grandes lignes de la géographie physique de cette région, non seulement d'après les relations de voyage, les documents scientifiques, les photographies, mais encore en se servant de levés ou cartes exécutés sur place, notamment par l'état-major de l'*Antarctic* (Andersson : carte géographique de la Terre de Graham à 1/5.000.000 et à 1/200.000), et par celui du *Français* (levés de l'archipel de Palmer à 1/400.000, de l'île Wandel à 1/200.000, etc.).

Kodak.

Fig. 6. — *Pic Cléry* (*N.O. de Wandel*).

L'impression d'horreur a été unanime à la première vue de ces terres. Les mots de « grandeur farouche » ou de « solitude sinistre » reviennent continuellement au début des relations de voyage. Ils sont justifiés par les photographies, qui nous montrent les glaces couvrant tout le relief, sauf quelques petites îles, quelques formes montagneuses aiguës, quelques lisières littorales enfin, falaises noires, auxquelles des « piedmont-glaciers » tiennent lieu de plages, et dont le front s'encapuchonne d'épaisses brumes.

L'ensemble forme un système remarquablement symétrique des Andes méridionales, avec les mêmes traits extérieurs : les principales altitudes sont reportées presques toutes vers le Pacifique ; l'orographie s'émiette en une foule d'îles. C'est une « Antarctande », selon le mot du géologue de la *Belgica*, M. Arctowski.

Le grand nombre des échantillons de roches réunis par les voyageurs et scientifiquement déterminés fait entrevoir la structure générale de ce groupe de terres. Le soubassement, qui apparaît en quelques points du littoral Ouest (Terre de Graham), consiste en roches primitives, affleurant peut-être en massifs étendus sous l'enveloppe des glaces. La plupart des formes abruptes du relief qui occupent cette même côte, de la Terre Louis-Phi-

[1] Zimmermann : Terres, climat et glaces antarctiques. *Ann. de Géogr.*, 1902, p. 385.

[2] Supan : Das antarktische Klima. *Pet. Mit.*, 1901, p. 128. — Ch. Rabot : La glaciation antarctique, d'après les récentes explorations. *La Géogr.*, 1907, p. 385.

Digitized by Google

lippe à la Terre de Graham, les hauts rochers des îles du détroit de Gerlache et de l'archipel de Palmer, correspondent à des épanchements volcaniques anciens : tels ceux de la Terre de Danco, entre la baie Wilhelmine et la baie des Flandres (granites, serpentines et porphyres), ceux de l'île de Wiencke et de l'île Wandel (diorites, gabbros)[1]. Peut-être les cônes élevés de la Terre de Graham, comme le sommet du Matin (2.000^{m}.?), ceux de l'île d'Anvers, où le Mont du Français se dresse à 2.869 mètres, ceux des îles Biscoe, sont-ils des volcans récemment éteints. M. Gourdon, géologue du *Français*, n'a fait d'autre constatation positive en ce sens que celle d'un filon de trachy-andésite situé à 200 mètres d'altitude dans l'île Wiencke; mais il a rapporté des échantillons de basaltes, provenant de débris morainiques et de blocs transportés si nombreux, ou bien recueillis à un tel niveau au-dessus de la mer, qu'ils ne pouvaient venir de loin[2].

En tous cas, l'existence d'appareils volcaniques récents, quoique non actifs, sur la face S. E. de l'Antarctande n'est plus douteuse depuis les observations de O. Nordenskjöld et d'Andersson : le Mont Haddington (2.510^{m}), dans l'île Ross, le cône de l'île Paulet, sont des volcans contemporains des Andes ; des basaltes et des tufs basaltiques, injectés de filons durs, recouvrent par nappes épaisses les terrains sédimentaires vers la Terre du Roi Oscar[3]. Les cratères formeraient deux séries, l'une dans la Terre Louis-Philippe et l'île Joinville, l'autre dans l'île Ross, parallèles aux volcans des Shetlands du Sud, où le mont Bridgman est en activité.

Avant le retour de la Mission suédoise, la présence des roches sédimentaires dans l'Antarctide de l'Ouest n'était que soupçonnée[4]. Seul Arçtowski avait détaché d'une falaise de la baie Wilhelmine (Terre de Danco) des fragments de schistes[5]. Les découvertes de O. Nordenskjöld et de ses compagnons dans le S. E. de la Terre de Palmer y ont révélé la superposition de plusieurs horizons géologiques, dont le plus élevé est très vraisemblablement d'âge tertiaire. A la baie de l'Espérance, Andersson et Duse ont récolté des échantillons de schistes en place, avec une faune jurassique. Dans les îles de Ross et Seymour, sous les basaltes et les tufs volcaniques, sont de vastes étendues de grès fossilifères, renfermant à leur base des ammonites, et partout des débris de plantes septentrionales, Sequoias et Araucarias, Cycadées, Fougères, avec des restes d'animaux vertébrés datant du Crétacé moyen ou supérieur. Dans l'île Seymour enfin, et dans l'île de Snow-Hill, superposés aux couches précédentes et en concordance avec elles, ont apparu des dépôts de grès tendres, sur lesquels la neige ne séjourne pas, qui contiennent les ossements d'une variété de grand manchot d'âge tertiaire[1]. Seules, les formations quaternaires n'ont pas été rencontrées en dehors des moraines côtières.

On arrive ainsi à une conception d'ensemble nette, que M. O. Nordenskjöld lui-même et M. Arçtowski ont formulée. La haute chaîne aux formes aiguës, et à la courbure générale S. O.-N. E., dont toutes les îles voisines sont des dépendances, est contemporaine des Andes, et parfaitement homologue ; d'après M. Lacroix, qui a étudié les échantillons de roches rapportés, elle doit être englobée dans la province pétrographique américaine. Comme en Patagonie, un plateau s'appuie à l'E. sur cette chaîne, recouvert par les glaces dans la Terre du Roi Oscar. Peut-être pourrait-on parler de continuité récente, si les sondages de la *Belgica* entre les Falklands et la Géorgie du Sud n'avaient révélé, vers 53° S., des fonds de 1.985 brasses, qui ne sont d'ailleurs pas étendus, d'après le Dr Fr. A. Cook. M. Gaudry n'hésite pas, en tous cas, à déclarer, dans les Instructions rédigées pour le prochain voyage du Dr Charcot, que « l'histoire paléontologique est incompréhensible, si la Patagonie, l'Australie et même Madagascar ne sont pas des portions du continent antarctique ». La seule différence de structure entre la terre australe et le Sud de l'Amérique méridionale vient de l'absence, dans la première, de couches quaternaires de l'Est représentées dans les « Pampas » ; mais M. Arçtowski explique cette lacune par un affaissement de la Terre de Graham, qui rendrait, en effet, compte de l'allure de ce relief en partie récent, si profondément pénétré par la mer[2].

III. — Les terres australes au S. de l'Océan Indien.

Au S. de l'Océan Indien, et jusque vers le méridien de la Tasmanie, les cartes de la fin du siècle dernier indiquaient une suite de terres parallèles au cercle polaire et protégées par une épaisse barrière de glaces. Cook, Bellingshausen, Biscoe, Dumont d'Urville, et surtout Wilkes (1839-40) avaient décrit ce littoral inabordable du continent austral, caché sous l'inlandsis, et presque toujours dissimulé dans les brumes, comme un rebord aux formes basses, régulières et émous-

[1] De Gerlache : Quinze mois..., p. 151. — Dr Charcot : Le *Français* au pôle Sud, p. 41, etc., 445 (Gourdon).
[2] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 448.
[3] O. Nordenskjöld : Au pôle antarctique, p. 316, etc. — Id. : *La Géogr.*, 1904, t. II, p. 354.
[4] Zimmermann : *Ann. de Géogr.*, 1902, p. 385.
[5] De Gerlache : *Ouv. cit.*, p. 127.

[1] O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 229, 123, 130.
[2] Arçtowski : *Géogr. Journ.*, 1901, p. 150, 353; 1902, p. 405. — Id. : *Bull. Soc. roy. belge de Géogr.*, 1900, p. 132. — O. Nordenskjöld : *La Géogr.*, 1904, t. II, p. 354, 359.

Digitized by Google

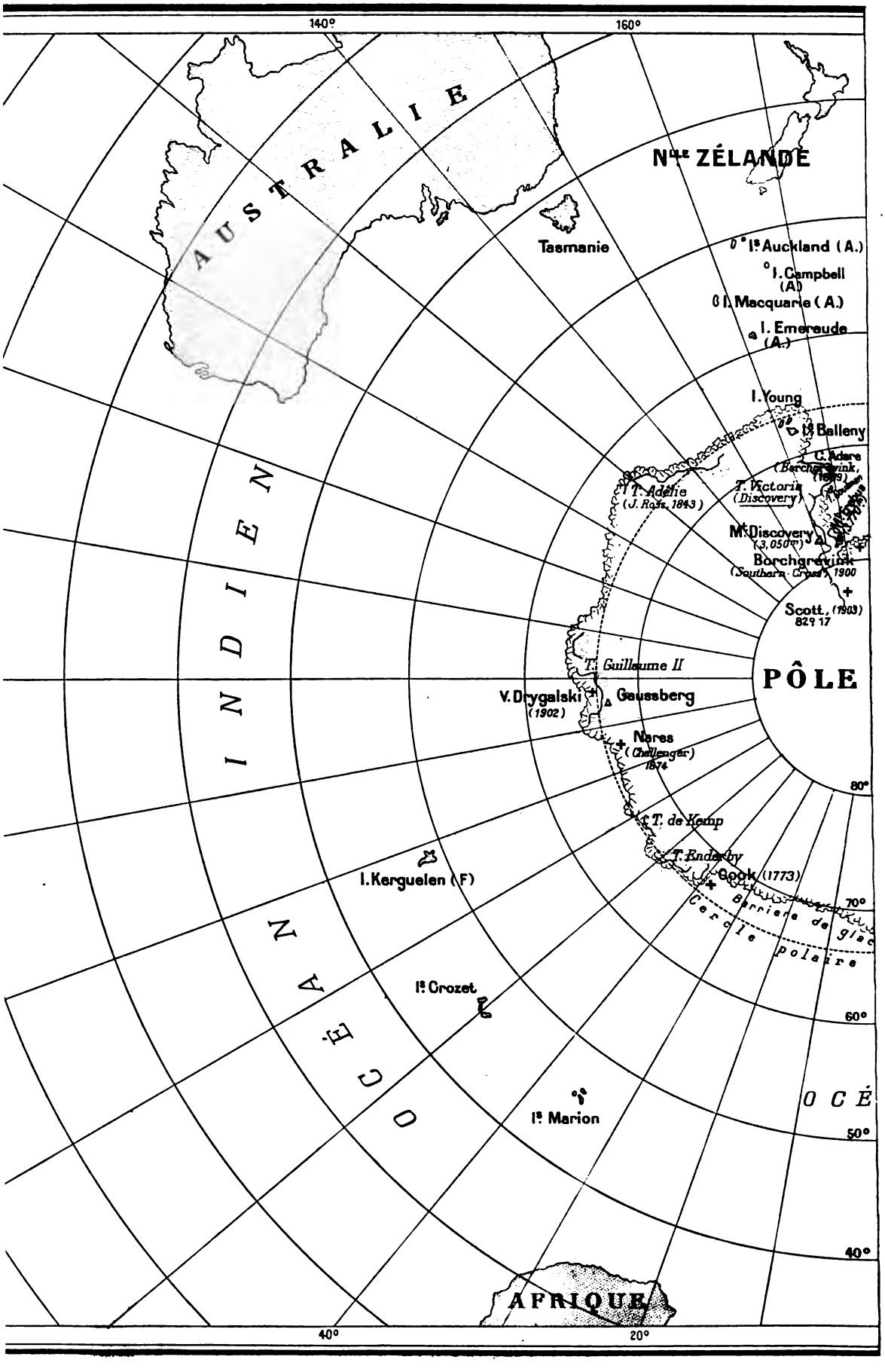
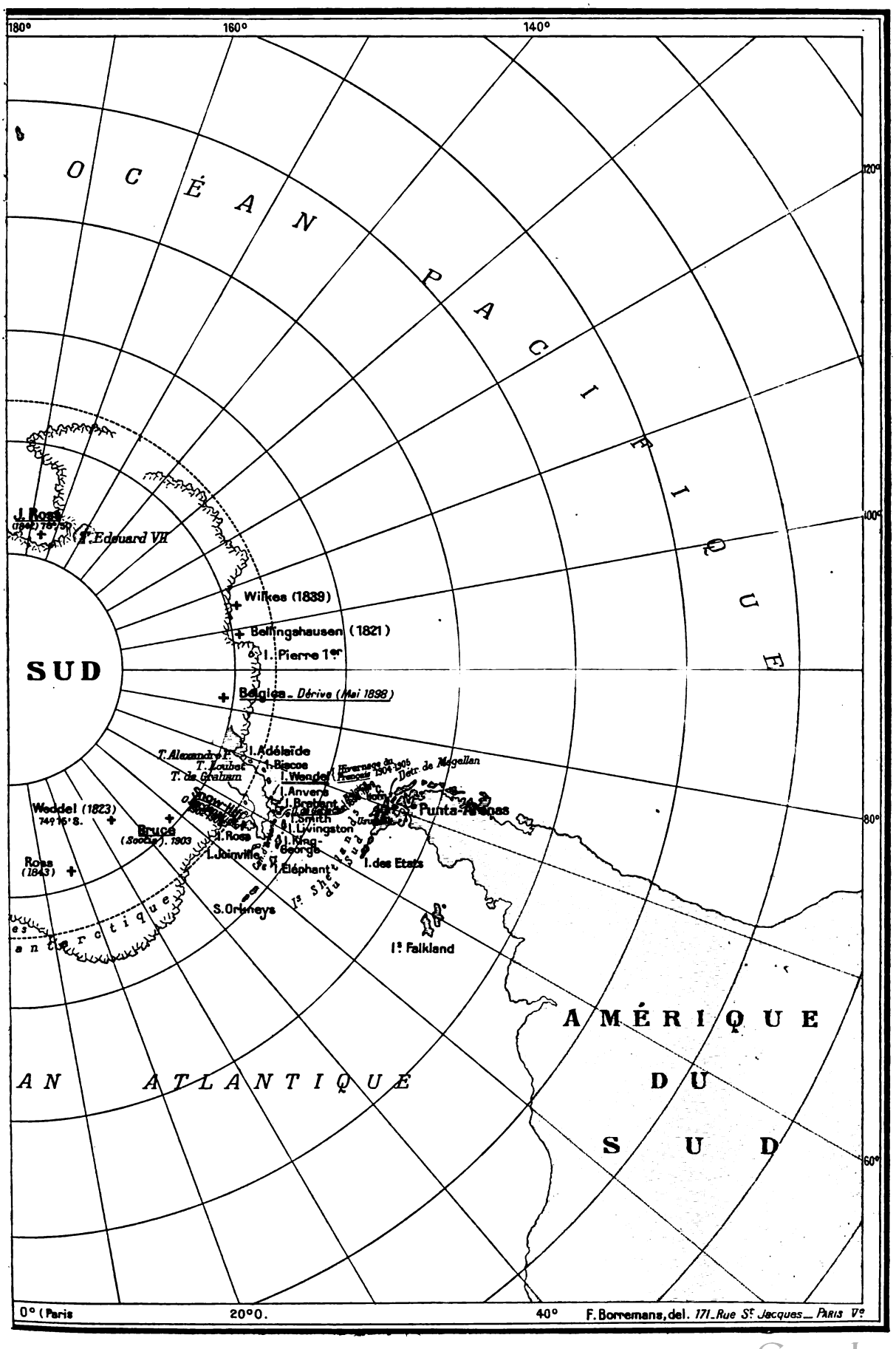


Fig. 7. — *Terres et îles antarctiques*

Digitized by Google



actuellement reconnues.

Digitized by Google

sées, d'origine ancienne par conséquent. Il faut, jusqu'à nouvel ordre, être très circonspect dans le figuré des terres en question, mais leur existence ne semble aujourd'hui guère douteuse. Les preuves que l'on peut en donner sont l'alignement du front des glaces; le relèvement des fonds marins quand on approche de la barrière, relèvement constaté par le *Challenger*, par l'expédition du *Gauss*[1], et par les sondages même de la *Discovery* en face de la Terre de Wilkes; enfin les débris terreux observés dans les icebergs, et les échantillons de roches dragués par les navires. Sans doute, von Drygalski n'a pas trouvé trace de la Terre Termination de Wilkes, mais on sait combien les repérages sont difficiles dans ces régions, surtout à cause des changements de position du front des glaces.

Tout le monde admettait comme fixé au moins l'emplacement de la *Terre Adélie*, abordée par Dumont d'Urville, puis par Wilkes, sous le cercle polaire même, et par 140° E. de Paris. Aujourd'hui, le continent austral probable a été touché, photographié, levé sur un point, et ses roches identifiées. Durant leur hivernage de 1903 dans le champ des glaces, au S. E. de Kerguelen, les passagers du *Gauss* ont pu atteindre par deux fois, sous 67° 20′ S., un sommet rocheux en partie dégarni de glaces et accompagné de moraines d'âges divers. Le *Gaussberg*, estimé par le Dr Philippi à 350 mètres environ d'altitude, est situé près du rebord même de l'inlandsis, qui forme gradin au-dessus du champ des glaces côtières. Vu de loin, il a un profil de cône très aplati, qui rappelle certains sommets granitiques de la France centrale. L'étude géologique faite sur place a montré qu'il est composé de roches volcaniques récentes : au sommet, sont des laves (basaltes à leucites), avec blocs de gneiss et de granite, transformés par la fusion. Des débris d'origine analogue ont été recueillis dans les moraines voisines ainsi que sur les glaces de l'inlandsis et de la mer. Une photographie très expressive de la relation de von Drygalski montre une des falaises terminales de la montagne, formée de laves jeunes, finement perforées, dont la structure rappelle la pierre de Volvic. Un bloc de grès a été observé pendant le second raid. Du sommet du cône dont l'ascension a été faite, et aussi du haut du ballon, la surface de l'inlandsis vers le S. est apparue comme un plateau vallonné, avec de grandes cassures régulières de la glace, et des profils de montagnes se sont détachés, perdus dans l'Est lointain[2]. Von Drygalski n'hésite pas à croire que l'on se trouve en présence du « continent sud-polaire »[3].

[1] Von Drygalski : Zum Kontinent des eisigen Südens, p. 238.
[2] Von Drygalski : *Ouv. cit.*, p. 302, 304, 271, 2[illegible], [illegible].
[3] Id. : p. 3[illegible]4, 330.

IV. — La Terre Victoria et les îles voisines.

Pour l'ensemble des terres situées au S. de la Nouvelle-Zélande, les renseignements fournis par J. Ross (1840-41) sur les hauts volcans insulaires de l'*Erebus* (3.769 mètres) et du *Terror* formaient une base précise de connaissances. Les découvertes de la *Southern Cross* et l'exploration si hardie du capitaine Scott ont maintenant permis de dresser la carte d'un littoral frangé d'îles, qui s'enfonce vers le pôle jusqu'à 82°, dans le voisinage du 160e méridien E. de Paris.

Les photographies, rapportées par Borchgrevink, de portions de côtes et de vallées découvertes de la Terre Victoria (*cap Adare*, etc.), de l'*île Coulman*, de l'île de l'Erebus, montrèrent d'abord le caractère escarpé du relief de cette région, entièrement volcanique à la surface, d'après le chef de la Mission. Mais il avait constaté que les formes éruptives sont portées par un soubassement de schistes, qui s'étendrait d'après lui de la Terre de Wilkes à l'Erebus. Les échantillons de ces roches, non localisés, furent reconnus « pratiquement identiques » aux terrains paléozoïques de l'État de Victoria, d'où l'idée un peu prématurée d'une extension du plateau australien dans la Terre de Wilkes, et d'un rapport entre la chaîne volcanique de la Terre Victoria et la Nouvelle-Zélande.

La Mission de la *Discovery* a déterminé le contour du littoral de la Terre Victoria et des îles voisines, étudié toutes les parties découvertes, falaises côtières, vallées glaciaires, fjords et moraines, sommets montagneux. Elle a révélé l'existence d'un bourrelet côtier de volcans, jalonné, depuis le cap Adare, par le mont Sabine, le *mont Melbourne* (2.400 mètres), le *mont Discovery* (3.050 m.), le *mont Markham* (par 82° 55′ S.). Les nombreuses et splendides photographies qui accompagnent la relation du capitaine Scott mettent en valeur la forme conique, plus ou moins démantelée, de ces sommets[1]. Mais la découverte la plus intéressante de la *Discovery* est celle de grès à fossiles miocènes, constatés dans plusieurs vallées glaciaires de la Terre Victoria. Leurs nappes, injectées de basaltes, sont strictement horizontales et épaisses, sans doute par endroits, de plusieurs centaines de mètres[2]. Cette observation daterait le principal effort du volcanisme dans la région, ainsi que l'affaissement de la mer de l'Erebus : l'un et l'autre apparaissent comme contemporains de la surrection des sommets de l'Antarctide de l'Ouest, et la carte montre même que les deux chaînes semblent

[1] Scott : The voyage of the *Discovery*, t. II, p. 152, etc.
[2] Id. : p. 140.

Digitized by Google

aller au-devant l'une de l'autre, à travers les solitudes glacées du pôle.

Sans vouloir forcer la conclusion, une des hypothèses possibles sur le contour des terres australes entre l'île de Pierre Ier et la Terre Edouard VII serait celle d'une vaste échancrure correspondant à la partie des glaces australes qu'aucun navire n'a approchée, sauf celui de Bellingshausen (1821).

Dans un second article, nous étudierons les résultats scientifiques obtenus par les diverses expéditions sud-polaires.

J. Machat,
Professeur au Lycée de Bourges,
Docteur ès lettres.

L'ÉVOLUTION DE LA PHARMACODYNAMIE

Les facteurs essentiels de l'évolution de la Pharmacodynamie, aujourd'hui comme il y a un siècle, comme il y a mille ans, sont : 1° l'étude des substances que la tradition, le hasard ou l'intuition ont fait reconnaître pharmacologiquement actives ; 2° l'étude des processus naturels de guérison ou d'immunité, de « self cure » suivant l'heureuse expression anglaise.

Mais, si les éléments essentiels sont restés, au fond, les mêmes, la progression prodigieuse des sciences physico-chimiques, qui semble être la caractéristique la plus spécifique de notre époque, a doté ces études de méthodes si radicalement nouvelles que la Pharmacodynamie en a été véritablement rénovée, qu'elle est entrée dans une voie synthétique qui a déjà singulièrement enrichi la matière médicale et qui légitime les plus grands espoirs.

La variété même et la nouveauté relative des méthodes employées, la complexité des phénomènes étudiés, les résultats dès maintenant acquis dans le domaine de la Pharmacodynamie analytique et synthétique, le nombre quasi infini des substances étudiées ou à étudier ont jeté la confusion dans l'esprit des thérapeutes, troublés par cette intrusion presque brutale des procédés et des méthodes des sciences exactes dans un domaine qui avait paru jusque-là condamné à l'empirisme. En fait, l'empirisme continue à dominer presque exclusivement la Thérapeutique; un résumé rapide de l'évolution de la Pharmacodynamie, de ses méthodes, de ses lois, de l'état actuel de cette science montrera que le moment est venu d'adopter les méthodes rigoureuses de l'expérimentation systématique et que le moment paraît proche où le thérapeute pourra et devra penser chimiquement.

I. — Première période.

Dans *une période* qu'on peut presque dénommer préhistorique, l'étude et l'emploi des substances médicamenteuses sont *tout empiriques*, basés à peu près exclusivement sur la tradition; elle s'étend des temps les plus reculés au début du XIXe siècle. Nous aurions tort de la considérer avec dédain, car c'est elle qui, du fait d'un empirisme millénaire, nous a transmis les drogues encore à l'heure actuelle fondamentales de la thérapeutique : la digitale, l'opium, la belladone, le quinquina, l'arsenic, le mercure et la plupart des purgatifs, pour ne citer que les plus importants, et qui en a démêlé les propriétés pharmacodynamiques les plus caractéristiques.

II. — Deuxième période.

La *deuxième période*, *tout analytique*, débute nettement par l'isolement du principe actif du quinquina, la quinine, par Pelletier et Caventou en 1820.

Deux notions fondamentales en découlent :

1° Les propriétés pharmacodynamiques caractéristiques des drogues végétales dépendent de la présence d'une ou plusieurs espèces chimiques bien déterminées, souvent cristallisables : c'est la notion de la *spécificité pharmacochimique*;

2° La substance chimique active, en l'espèce l'alcaloïde, est engagée dans la drogue naturelle dans une sorte de thériaque naturelle constituée par d'autres espèces chimiques inactives, ou synergiques, ou contrariantes : c'est la notion des *actions secondaires*.

Deux conséquences pratiques immédiates en découlent :

1° La possibilité d'une mesure, d'une posologie précise, rigoureuse, en fonction du poids de la substance chimique active isolée. Cette posologie avait été jusque-là impossible, du fait de la teneur très variable des drogues naturelles en alcaloïde et du fait du mélange possible avec d'autres espèces chimiques inconnues, synergiques ou contrariantes;

2° La possibilité d'éliminer certaines actions secondaires mauvaises de la drogue initiale, telles que l'odeur ou le mauvais goût ou l'insolubilité, si cette odeur ou ce mauvais goût ou cette insolu-

Digitized by Google

bilité ne dépendaient pas de l'espèce chimique active même, mais des espèces chimiques coexistantes.

Cette période comprend à peu près la première moitié du XIXe siècle; c'est, si l'on peut ainsi dire la *période de la Pharmacodynamie moléculaire*. Elle correspond à l'isolement de la plupart des alcaloïdes actuellement connus : quinine, digitaline, aconitine, atropine, spartéine, etc., à la constitution de drogues parfaitement définies, toujours identiques à elles-mêmes, à l'établissement d'une posologie rigoureuse, à la correction de certaines propriétés défavorables, telle l'insolubilité, par la constitution artificielle de sels d'alcaloïdes plus solubles, tels certains sels de quinine.

L'anesthésie par l'éther, le chloroforme, fut découverte fortuitement à ce moment.

Mais cette période, tout analytique comme on voit, ne visa qu'à l'isolement et à la purification des espèces chimiques actives spécifiques des drogues traditionnelles; elle précisa la matière médicale, mais ne l'enrichit d'aucune substance vraiment nouvelle; elle fut purificative et corrective, elle ne fut pas créatrice; de ce fait, son devenir paraissait relativement borné.

III. — Troisième période.

La troisième période, que nous séparons un peu arbitrairement de la précédente pour la clarté de l'exposition, correspond à la deuxième moitié du XIXe siècle et à l'époque actuelle.

Elle commence au moment où la synthèse de l'urée par Woehler oriente les chimistes vers la synthèse des corps organiques; ils tentent celle des alcaloïdes, mais reconnaissent bien vite l'impossibilité *actuelle* de la reconstitution synthétique de molécules aussi complexes que celles des alcaloïdes; ils se remettent à l'analyse, à la dissection des molécules alcaloïdiques, qui leur apparaissent comme une manière de mosaïque de molécules plus simples, comme un agrégat de groupements atomiques dissociables; ils recherchent sur quelle partie de la molécule, sur quel fragment moléculaire, sur quel groupement atomique repose la propriété physiologique caractéristique de la molécule considérée, s'efforçant de reconstituer ces groupements atomiques plus simples ou des groupements analogues, en se basant sur cet *a priori* qu'à analogie de structure chimique doit correspondre une analogie d'action physiologique.

La réalisation synthétique de séries de corps analogues, similaires, tels les produits de substitution chlorés, bromés ou iodés, par exemple, des hydrocarbures, permet, par l'étude systématique, en série, de molécules relativement simples, de reconnaître la loi fondamentale suivante :

§ 1.

(A) *L'action pharmacodynamique spécifique d'une substance chimique bien déterminée dépend le plus souvent d'une portion seulement, d'un fragment de la molécule.*

C'est ainsi, pour prendre un exemple concret, que cette méthode de confrontation, appliquée à l'étude des hypnotiques à radicaux alcooliques, permet facilement, comme nous l'avons montré ailleurs[1], d'arriver aux conclusions que voici :

a) La présence, dans certaines molécules, telles que l'éther, le sulfonal, l'alcool, l'hédonal, le véronal, etc., de radicaux alcooliques peut leur conférer des propriétés hypnotiques;

b) Dans des substances similaires, le pouvoir hypnotique croît avec le nombre des radicaux alcooliques contenus dans la molécule;

c) Le radical éthyle C^2H^5 semble être celui qui possède au plus haut degré et avec le minimum d'inconvénients les propriétés hypnotiques.

Bref, dans un grand nombre de substances, les propriétés hypnotiques sont fonction du nombre et de la nature des radicaux alcooliques contenus dans leurs molécules.

De même que l'analyse avait démontré que l'action spécifique d'une drogue naturelle dépend plus ou moins exclusivement de la présence dans cette drogue d'une molécule spécifique déterminée, elle démontrait que l'action spécifique d'une molécule déterminée dépend plus ou moins exclusivement de la présence dans cette molécule d'un groupement atomique spécifique déterminé.

Les conclusions rationnelles et pratiques de cette découverte sont les suivantes :

1° La molécule naturelle n'est pas nécessairement celle qui réalise la molécule pharmacologique idéale, c'est-à-dire celle qui donne le maximum d'effets thérapeutiques avec le minimum d'effets nuisibles;

2° Il est possible, par « soudure » du groupement atomique primaire spécifique sur tel ou tel noyau directeur, d'en augmenter ou d'en diminuer la labilité intra-moléculaire et, partant, d'en augmenter ou d'en diminuer l'activité physiologique;

3° Il est possible, par soudure au groupement atomique primaire spécifique de groupements atomiques secondaires correctifs, d'augmenter ou de diminuer la dite action spécifique, de supprimer telle action secondaire nuisible ou d'y ajouter telle action secondaire utile.

§ 2.

(B) En résumé : *La molécule naturelle n'est pas nécessairement la mieux adaptée au but pharmaco-*

[1] *Presse médicale*, 10 juillet 1907.

Digitized by Google

dynamique poursuivi; il est possible de constituer une molécule artificielle qui lui soit thérapeutiquement supérieure.

Cette combinaison moléculaire optima sera révélée par l'étude physiologique systématique de séries de corps analogues à celui dont on a commencé l'étude, et cette étude conduira à reconnaître :

1° La nature et la structure du groupement atomique spécifique;

2° La nature et la structure du noyau directeur qui conférera au groupement atomique susdit la labilité optima pour la mise en liberté intra-organique;

3° La nature et la structure des groupements atomiques secondaires correcteurs;

4° L'établissement de lois plus ou moins générales qui établiront des relations entre la nature des groupements atomiques, leur soudure à tel ou tel noyau directeur, leur position dans la molécule et leurs propriétés pharmacodynamiques.

§ 3.

(C) Pour reprendre l'*exemple concret* précédemment rappelé, celui des hypnotiques à radicaux alcooliques, la molécule hypnotique optima doit, *a priori*, *répondre aux desiderata suivants :*

Les liaisons des radicaux alcooliques (éthylique en particulier) et du noyau directeur squelettique doivent être suffisamment résistantes pour s'opposer à une dissociation prématurée de la molécule et à l'oxydation préalable desdits radicaux, suffisamment labiles pour permettre toutefois la mise en liberté desdits radicaux et leur action spécifique sur la cellule nerveuse; la dissociation de la molécule ne doit pas donner naissance à des fragments moléculaires toxiques.

De cet état de stabilité optima des liaisons nucléo-alcooliques, il semble qu'il existe un critérium physique assez rigoureux, valable au moins dans le plus grand nombre des cas, savoir la grande solubilité relative de la substance considérée dans les corps gras (huiles, etc.) et sa faible solubilité dans l'eau; ce qui peut se traduire numériquement par le coefficient de partage (Meyer) de ladite substance, savoir le rapport $\frac{c.g.}{c.e.}$ de la solubilité dans les graisses, c.g., à la solubilité c.e. dans l'eau. Ce coefficient de partage est, dans une certaine mesure, proportionnel à la puissance hypnotique de la molécule considérée.

C'est ainsi que Meyer, auquel revient plus particulièrement l'honneur de cette découverte, fournit le tableau suivant :

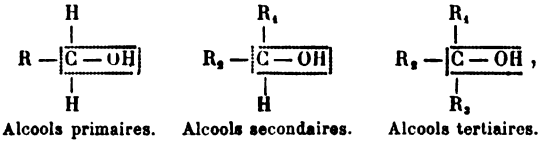
	COEFFICIENT de partage	ACTION hypnotique
Diméthyl-sulfo-méthane. .	0,106	très faible.
Diéthyl-sulfo-méthane. . .	0,154	faible.
Butyl-alcool tertiaire. . . .	0,176	faible.
Amyl-alcool tertiaire. . . .	1,00	forte.
Sulfonal.	1,415	forte.
Tétronal.	4,039	très forte.
Trional	4,458	très forte.

Il est vraisemblable que ces caractères physiques correspondent à une affinité particulière desdites substances pour la substance nerveuse, précisément si riche en graisses. Rappelons, à ce propos, que, d'après Ehrlich et Michaëlis, les substances colorantes renfermant des groupements éthyliques, telles celles du groupe des diéthylamines, se montrent de bons colorants du système nerveux, alors que les groupements méthyliques sont inopérants à ce point de vue.

L'empirisme et l'étude systématique ont fait reconnaître un certain nombre de noyaux directeurs utilisables pour la constitution synthétique de molécules hypnotiques d'origine alcoolique; il n'est pas douteux que l'avenir en fera découvrir et construire un très grand nombre d'autres.

Dès maintenant, la considération de ces noyaux directeurs permet une classification simple et rationnelle desdites substances :

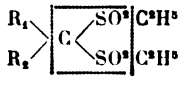
1° Les *alcools*, qui répondent à la formule générale :



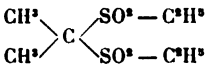
Alcools primaires. Alcools secondaires. Alcools tertiaires.

où $R = C^nH^{2n+1}$, sont, surtout les derniers, franchement hypnotiques. Le noyau est constitué simplement par un carbone central lié à un oxhydrile —C—OH. Ils sont, en réalité, inutilisés, à cause de leur oxydation relativement facile et des hautes doses nécessitées de ce fait.

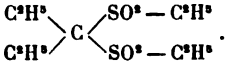
2° Les dérivés *sulfonés* de la forme :



fournissent deux des hypnotiques les plus puissants actuellement connus : le *sulfonal :*



et le *trional :*



Le noyau caractéristique est constitué par un carbone central, saturé, d'une part, par deux radicaux alcooliques et, d'autre part, par deux groupements

Digitized by Google

sulfonés $SO^2C^2H^5$. Le noyau squelettique disulfoné caractéristique est donc :

$$>C<\begin{matrix}SO^2-\\SO^2-\end{matrix}.$$

Ces substances sont hypnotiques chez l'homme à la dose moyenne de 1 à 1 gr. 50. La dissociation intra-organique de la molécule donne naissance à des produits secondaires d'une élimination lente (d'où accumulation possible et nécessité de l'interruption de l'administration après quelques jours) et d'une nocivité particulière pour le sang (apparition de méthémoglobine ou d'hématoporphyrine dans les urines).

Il est digne de remarque, comme nous le rappelions plus haut, que les noyaux disulfonés :

$$\begin{matrix}C^nH^{2n}-SO^2-\\|\\C^mH^{2m}-SO^2-\end{matrix}\qquad C^nH^{2n}<\begin{matrix}SO^2-\\SO^2-\end{matrix}$$

ne fournissent que des substances inactives, parce que de construction trop solide pour être dissociées dans l'organisme.

Cette action hypnotique des disulfones a été découverte par hasard par Baumann et Kast ; elle constitue une des plus belles découvertes de la Pharmacodynamie synthétique.

3° Le noyau *uréique* :

$$CO<\begin{matrix}AzH^2\\X\end{matrix}$$

est susceptible de fournir diverses urées substituées hypnotiques remarquables par leur innocuité, que la nature physiologique de leur noyau pouvait faire pressentir.

a) Les urées substituées du type :

$$CO<\begin{matrix}AzH^2\\AzH-C-\begin{matrix}R_1\\R_2\\R_3\end{matrix}\end{matrix}$$

possèdent des propriétés hypnotiques réelles, qui vont progressant avec les groupements :

$$-C-\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\C^2H^5\end{matrix}\qquad -C-\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}\qquad -C-\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix},$$

conformément à la loi si souvent rappelée. Elles sont sans danger, mais infidèles dans leur action. Leur dissociation est vraisemblablement influencée par des conditions physiologiques encore mal connues. Il est digne de remarque que les urées disubstituées symétriques du type

$$CO<\begin{matrix}AzH-C-\begin{matrix}R_1\\R_2\\R_3\end{matrix}\\AzH-C-\begin{matrix}R_1\\R_2\\R_3\end{matrix}\end{matrix}$$

sont inactives, parce que non dissociables ; l'asymétrie de la molécule paraît être un facteur nécessaire de sa dissociation.

b) Les urées substituées du type alkyl-carbinol-uréthane :

$$CO<\begin{matrix}AzH^2\\O-X\end{matrix}$$

fournissent deux substances maniables :

L'uréthane (dénomination d'ailleurs incorrecte) ou, mieux, éthyluréthane :

$$CO<\begin{matrix}AzH^2\\O-C^2H^5\end{matrix},$$

hypnotique infidèle à la dose de 3 à 4 grammes, mais sans danger et soluble dans l'eau, ce qui en rend l'administration particulièrement facile chez les enfants.

L'hédonal ou méthyl-propyl-carbinol-uréthane :

$$CO<\begin{matrix}AzH^2\\O-CH<\begin{matrix}CH^3\\C^3H^7\end{matrix}\end{matrix},$$

hypnotique assez sûr et inoffensif, mais faible à la dose de 2 à 3 grammes.

Les caractéristiques générales des hypnotiques à noyau uréique sont : l'innocuité, l'action diurétique ; mais ce sont des hypnotiques relativement faibles et parfois infidèles.

4° Le noyau le plus récemment étudié, mais aussi le plus complexe et peut-être le plus parfait jusqu'ici, est le noyau *malonyl-urée* :

$$>C<\begin{matrix}CO-AzH\\CO-AzH\end{matrix}>CO,$$

constitué par la soudure, avec élimination d'eau, d'une molécule d'acide malonique à une molécule d'urée :

$$\begin{matrix}H\\H\end{matrix}>C<\begin{matrix}CO-OH\\CO-OH\end{matrix}+\begin{matrix}AzH^2\\AzH^2\end{matrix}>CO$$

Acide malonique. Urée.

$$=\begin{matrix}H\\H\end{matrix}>C<\begin{matrix}CO-AzH\\CO-AzH\end{matrix}>CO+2H^2O.$$

Malonylurée.

La substitution de radicaux alcooliques aux H remplaçables donne le groupe des dialkyl-malonyl-urées :

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}>C<\begin{matrix}CO-AzH\\CO-AzH\end{matrix}>CO.$$

Un des membres de cette série, la diéthyl-malonyl-urée :

$$\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}>C<\begin{matrix}CO-AzH\\CO-AzH\end{matrix}>CO,$$

bien connu sous le nom de véronal, est hypnotique à la dose de 0 gr. 50 à 1 gramme.

Digitized by Google

Le noyau cyclique est fort résistant; l'action hypnotique est aussi sûre et peut-être plus puissante que celle des sulfonés; l'action toxique n'est pas nulle, mais certainement beaucoup moindre que celle des sulfonés; l'action diurétique est comparable à celle des dérivés de l'urée; l'action analgésique est faible, inférieure à celle des substances halogénées; en revanche, l'action nocive cardio-vasculaire est moindre que celle de ces derniers.

Tel est l'état actuel de la question des hypnotiques à radicaux alcooliques, envisagée au point de vue synthétique. Malgré les progrès extraordinaires réalisés dans cette voie, l'idéal, on l'a vu, n'est pas atteint. Chaque groupe présente, en effet, des inconvénients : les alcools nécessitent des doses trop élevées, les dérivés sulfonés sont toxiques, les dérivés uréiques sont infidèles, les alkyl-malonylurées semblent les meilleurs, mais sont encore peu solubles (véronal 1/135, d'où hypodermie impossible) et encore toxiques (quoique moins que les sulfonés).

Deux desiderata restent donc à satisfaire :

1° Trouver un noyau à liaisons à la fois suffisamment résistantes et suffisamment labiles pour donner naissance à des produits aussi fidèles que les sulfonés, mais physiologiquement tout à fait inoffensifs pour l'organisme; il n'est pas douteux que ce noyau existe et qu'on le trouvera;

2° Trouver une substance répondant au desideratum sus-énoncé et suffisamment soluble pour permettre l'administration hypodermique si précieuse; la relation sus-rappelée de Meyer, relative au parallélisme du coefficient de partage et du pouvoir hypnotique, rend cette réalisation plus problématique.

Cet exemple concret montre, d'une façon bien nette, le caractère créateur de la Pharmacodynamie synthétique, qui édifie des séries entières de molécules artificielles, en s'inspirant de l'étude analytique des molécules naturelles et des spéculations synthétiques personnelles du pharmacodyname novateur. Bref, la Chimie crée de toutes pièces de nouveaux agents thérapeutiques que la Nature ne possède pas sous cette forme particulière et qui peuvent être supérieurs aux agents naturels.

§ 4.

(D) *La Pharmacodynamie synthétique peut donc se proposer quatre fins principales : la reconstitution synthétique des agents naturels déjà connus, la découverte d'agents nouveaux, le renforcement ou la correction des agents connus :*

1° *La reconstitution synthétique des agents naturels.* Les travaux, dès maintenant très avancés, relatifs à l'établissement des formules exactes de constitution des principaux alcaloïdes, font penser que la phase analytique indispensable de cette reconstitution sera bientôt close. La synthèse de l'atropine, de la nicotine est déjà réalisée;

2° *La découverte de groupements atomiques actifs entièrement nouveaux sans analogues aucuns connus.* A ce point de vue, peu de substances spécifiques fondamentales nouvelles ont été trouvées. On peut cependant citer, entre autres, l'antipyrine et ses dérivés, les dérivés de l'aniline, les semi-carbazides (cryogénine), etc.;

3° En revanche, un nombre presque infini de *variations des substances actives déjà connues* ont été et sont chaque jour fabriquées, étudiées et « lancées » avec des succès divers. Tels sont les innombrables dérivés de l'acide salicylique, des méthyl-xanthines, les préparations iodées, etc.;

4° *Le renforcement de l'action spécifique du groupement atomique d'une substance déterminée* est un des buts les plus fréquemment visés par la Pharmacodynamie.

Un certain nombre de lois ont été solidement établies qui permettent, en bien des cas, d'obtenir ce renforcement à coup sûr, en particulier pour un grand nombre de drogues hypnotiques, antipyrétiques et analgésiques.

Nous avons vu que, pour les hypnotiques à radicaux alcooliques, ce renforcement peut s'obtenir par augmentation du nombre des radicaux éthyles, par soudure desdits radicaux à tel ou tel noyau directeur.

C'est ainsi, par ailleurs, qu'on sait depuis longtemps que l'introduction d'un groupe méthyle (CH^3) dans la chaîne d'un corps de la série aromatique confère à ce corps des propriétés analgésiques et que cette puissance analgésique est, jusqu'à un certain point, proportionnelle au nombre de ces radicaux; l'introduction d'un groupe amidogène (AzH^2) confère de même ou renforce l'action antithermique.

Le plus bel exemple que l'on puisse donner de ce renforcement de l'action d'une substance donnée, renforcement prévu par la théorie et pleinement confirmé par les faits, est la fabrication du *pyramidon*, dérivé méthylo-amidé de l'antipyrine, dans lequel, conformément aux prévisions théoriques précitées, l'action analgésique de l'antipyrine s'est trouvée renforcée par l'introduction d'un nouveau groupement méthylé et l'action antipyrétique par l'introduction d'un nouveau groupement amidé.

Tous ces faits sont trop connus pour que nous y insistions.

On peut se proposer, par ailleurs, de *rendre solubles des substances actives quasi insolubles*, telles, par exemple, la caféine (1/72) ou la théobromine (1/1.600).

Le problème de la solubilisation a été résolu par

Digitized by Google

la fabrication de sels doubles de caféine ou de théobromine avec des benzoates ou des salicylates ou des acétates.

Le sel double : théobromine sodée-salicylate de soude ou salicylate de théobromine et de soude, c'est la *diurétine*. Elle renferme 50 °/₀ de théobromine. Elle est très soluble. Son action diurétique est comparable à celle de la théobromine. Le sel double : caféine sodée-salicylate de soude ou salicylate de caféine et de soude est, de même, soluble et diurétique.

On peut se proposer enfin *l'atténuation ou la disparition d'actions secondaires nuisibles*, bref, la correction de la molécule initiale. Par exemple, on peut se proposer l'atténuation ou la disparition de l'action irritative locale stomacale ou intestinale de telle substance nocive pour ces organes. Le principe dit du salol, introduit en Pharmacodynamie par Nencki, fournit de ce problème une solution applicable dans un grand nombre de cas. Nous l'exposerons avec quelques détails comme exemple des méthodes très générales de la Pharmacodynamie.

L'idée directrice de Nencki fut la suivante :

Étant données deux substances physiologiquement actives, l'une à fonction acide (en l'espèce l'acide salicylique), l'autre à fonction phénolique (en l'espèce le phénol), douées l'une et l'autre de propriétés irritantes locales, stomacales en particulier, leur combinaison doit donner naissance à un éther (salicylate de phénol) qui, comme la plupart des éthers (tels les corps gras), doit être très peu soluble, doit traverser l'estomac sans grand changement et partant sans action irritative, et ne doit se dédoubler, se saponifier comme les graisses, que lentement et progressivement dans l'intestin, grâce à l'alcalinité du milieu intestinal et à l'action saponifiante spécifique du suc pancréatique. Le dédoublement, la saponification doit régénérer lentement dans l'intestin les deux drogues originelles; on doit donc, en dernière analyse, obtenir avec l'éther susdit les actions pharmacodynamiques essentielles spécifiques des substances constitutives, dégagées des actions nocives, irritatives, secondaires.

Le salicylate de phénol, ou salol, obtenu par synthèse, confirma pleinement les prévisions précédentes. Il se présente, en effet, comme une poudre blanche à peu près insoluble et peu sapide, non caustique, traversant l'estomac sans modification appréciable, se dédoublant dans l'intestin, sous l'influence de l'alcalinité du milieu, du ferment saponifiant du suc pancréatique et des ferments organisés intestinaux, en acide salicylique et en phénol; l'acide salicylique s'élimine surtout par l'urine, exerçant une action générale spécifique antirhumatismale, antiinfectieuse, et une action locale urinaire antiseptique; le phénol s'élimine lentement, au fur et à mesure de sa régénération, partie par l'urine, sous forme d'acide phénylsulfurique, en contribuant à réaliser une antisepsie urinaire au moins relative, partie par les selles, en réalisant une antisepsie intestinale appréciable. Bref, les propriétés thérapeutiques et toxiques du salol reproduisent très exactement les propriétés thérapeutiques et toxiques de l'acide salicylique, d'une part, et du phénol, d'autre part; elles s'en distinguent toutefois par la moindre activité, la moindre toxicité, la lenteur, mais aussi la prolongation considérable de ladite action, dépendantes de la saponification lente et progressive et, partant, de la mise en liberté lente et progressive des deux substances actives; l'action irritative stomacale est totalement supprimée.

La portée de cette découverte est considérable, en ce qu'elle permet *a priori* et d'une façon très générale :

1° De supprimer par voie d'éthérification l'action caustique, tant des acides gras ou organiques que des phénols (ou des alcools);

2° D'obtenir dans l'intestin un dédoublement progressif et continu dudit éther, et en conséquence une absorption intestinale progressive et continue d'une substance active déterminée (acide gras ou organique, phénol);

3° D'atténuer dans une large mesure, précisément à cause de cette saponification lente et progressive, la toxicité d'une substance donnée (tel le phénol), et d'en permettre, en conséquence, l'administration à fins thérapeutiques.

Il faut toutefois, pour que le produit, l'éther obtenu, soit thérapeutiquement maniable et pour qu'il réalise véritablement un progrès pharmacologique par rapport aux drogues initiales génératrices :

1° Que l'éther soit assez facilement saponifiable pour être dédoublé dans l'intestin, au moins dans une forte proportion; faute de quoi, trop stable, il traverse l'organisme sans modification et sans action.

Tel est le cas, par exemple, des éthers salicyliques de la glycérine, dont l'emploi pouvait paraître si séduisant *a priori*; en fait, leur stabilité trop grande les rend à peu près inactifs et inemployés. C'est ainsi que l'éther trisalicylique de la glycérine ou trisalicyline traverse l'organisme, sans être décomposé, dans la proportion de plus de 90 °/₀, en sorte qu'il se montre à peu près inactif;

2° Que l'éther soit assez difficilement saponifiable pour n'être dédoublé que dans l'intestin et assez lentement, faute de quoi le dédoublement facile et rapide régénère trop vite et à doses trop élevées les substances originelles; les actions secon-

Digitized by Google

daires nocives, toxiques ou irritatives que l'on voulait supprimer réapparaissent.

Tel est le cas, par exemple, du salacétol, ou éther salicylique de l'acétone, qui, du fait de sa dissociation rapide, rappelle de tous points et sans avantage réel l'action de l'acide salicylique.

Le principe d'éthérification peut être et a été, en fait, appliqué :

1° Pour transformer, par combinaison avec une substance hydroxylée inactive, un acide organique actif, mais irritant, tel l'acide salicylique, en un éther possédant les propriétés thérapeutiques dudit acide salicylique sans en avoir les propriétés irritantes;

2° Pour transformer, par combinaison avec un acide gras ou organique inactif, un phénol actif, mais irritant et toxique, tel le phénol ou le naphtol, en un éther possédant les propriétés dudit phénol sans en avoir les propriétés irritantes et toxiques; exemple : benzonaphtol, créosotal;

3° Pour transformer, par combinaison réciproque, deux substances actives, mais irritantes, en un éther possédant les propriétés pharmacodynamiques des deux composants originels sans en avoir les propriétés irritantes et toxiques; exemple : salol, salophène.

La construction synthétique de composés arsenicaux relativement peu toxiques et possédant de ce fait des propriétés pharmacologiques particulières, tels le mono-méthyl-arsinate de soude, le cacodylate de soude, pour ne citer que les plus connus, démontre très bien l'importance thérapeutique de l'étude de ces liaisons intra-moléculaires d'un atome ou d'un groupement atomique actif, en l'espèce l'arsenic.

Il en est de même des composés hydrargyriques : salicylarséniate de mercure, hermophényl, ou des dérivés iodés (iodo-tanniques, iodo-graisseux, iodo-peptoniques, iodo-acido-amidés, iodo-albuminiques, etc.)

On pourra, par des combinaisons similaires, corriger de même l'odeur ou la saveur de telle substance active.

Bref, on peut éliminer certaines propriétés secondaires mauvaises de la molécule initiale, telles que l'odeur, ou le mauvais goût, ou l'insolubilité, ou telle autre propriété nocive, si cette odeur, ce mauvais goût, cette insolubilité, cette action secondaire nocive ne dépend pas précisément du groupement atomique actif, mais du noyau directeur ou de groupements atomiques secondaires.

§ 5.

(E) Dans cet ordre d'idées, on conçoit la possibilité de variations innombrables des substances spécifiques fondamentales · les dérivés du gaïacol, les dérivés de l'acide salicylique, les dérivés de l'aniline, pour ne citer que ces exemples, nous fournissent ainsi des séries de substances analogues, mais d'une extraordinaire variété et dont la multiplicité même, avec la terminologie le plus souvent fantaisiste qu'elle comporte, a jeté la plus grande confusion dans l'esprit des thérapeutes.

Il serait facile de ramener quelque clarté dans ce chaos apparent, en prenant en considération les développements précédents et en ayant des notions précises : 1° que le nombre infini des variations chimiques d'une série similaire possède une même propriété caractéristique spécifique avec des nuances électives secondaires; qu'en d'autres termes, toutes ces substances sont caractérisées par une *constante*, savoir : le groupement atomique spécifique qui commande l'unité générique physiologique, et des *variables*, savoir : les associations adventices secondaires qui impriment les *variations* particulières; 2° que l'expérience et l'observation enseignent que, dans chaque série homologue, une ou deux substances au plus sont vraiment *utilisables* avec profit et réalisent véritablement un progrès.

L'enrichissement de la matière médicale est indiscutable, mais au fond beaucoup plus apparent que réel : le nombre des espèces pharmacologiques caractéristiques n'a pas considérablement augmenté; celui des variétés secondaires, en revanche, est dès maintenant illimité.

Nous répétons qu'il y a urgence, au point de vue pratique, à pénétrer profondément de cette notion essentielle l'exposition didactique de la Pharmacodynamie. Car, dans la pratique, la confusion est extrême.

Pour tout ce qui précède, on est, on le voit, sur un terrain extrêmement solide. La Pharmacodynamie synthétique est dès maintenant en possession complète de méthodes précises, qui ne le cèdent en rien en rigueur à celles des sciences les plus exactes, et en résultats aux plus fructueuses des sciences appliquées. Mais elle n'est vraiment arrivée à sa pleine puissance, comme la Chimie organique générale d'ailleurs, que pour des molécules relativement simples, dont le poids moléculaire est relativement très faible (1.000 au plus), comparé aux grosses molécules organiques, albuminoïdes par exemple (poids moléculaire : 1.500 à 18.000), dont la connaissance semble actuellement essentielle à toute évolution profonde nouvelle de la Pharmacodynamie.

IV. — Quatrième période.

La Pharmacodynamie, poursuivant son évolution, s'attache actuellement à l'étude de ces corps infiniment plus complexes, mais aussi infiniment

Digitized by Google

plus intéressants, qui semblent jouer un rôle prépondérant dans la pathogénie intime des processus morbides, de ces substances réactionnelles normales ou pathologiques désignées sous les noms génériques de diastases, enzymes, toxines, antitoxines, agglutinines, précipitines, etc.

Mais ici, nous en sommes réduits le plus souvent aux hypothèses, aux conjectures, car la nature intime de ces diastases et de ces toxines nous est encore inconnue. Nous sommes à leur endroit exactement dans la situation où se trouvait la génération antérieure à Pelletier et Caventou, vis-à-vis du quinquina, de la digitale ou de la belladone; non seulement nous en ignorons la composition, la nature, mais nous ne sommes pas encore parvenus à les isoler, à les dégager de la gangue organique dans laquelle elles sont vraisemblablement engagées.

Tout essai d'exposé général a donc ici un caractère essentiellement conjectural. Il semble toutefois que, si l'on tient compte des propriétés les plus générales de ces substances, — savoir : 1° leur faible masse comparée à la grandeur de l'action qu'elles commandent, action absolument hors de proportion avec leur masse (action catalytique); 2° leur sensibilité à la chaleur, qui les détruit dans des limites assez étroites, le plus souvent à des températures inférieures à 100°, et d'une façon générale aux agents physiques et chimiques, — on puisse se les représenter, avec nos notions moléculaires cinématiques et dynamiques actuelles, comme des molécules complexes à atomes ou groupements d'atomes extrêmement labiles, merveilleux vecteurs d'énergie capables d'emprunter au médium environnant l'équivalent énergétique de ce qu'ils cèdent, pour les transformer, aux substances avec les quelles ils entrent en contact; ce sont de merveilleuses machines moléculaires propres à transformer l'énergie calorique en énergie chimique.

Cette explication est tout hypothétique; c'est la seule, actuellement, qui soit à peu près acceptable pour rendre compte de ces deux faits :

1° L'action quasi indéfiniment renouvelable, dans des conditions déterminées, de la substance considérée;

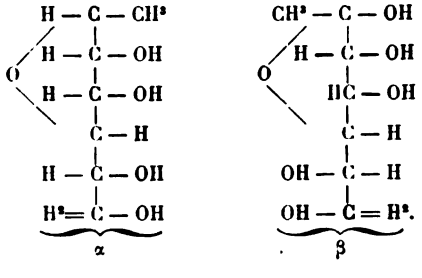
2° La sensibilité aux variations de milieu, thermiques en particulier, qui s'explique, dans l'hypothèse ci-dessus, par la rupture de l'équilibre instable intra-moléculaire actif, caractéristique de la labilité, et le passage à un état d'équilibre stable inactif. Elle a pour elle tous les faits de tautomérie actuellement connus. Suivant l'expression même de M. Kling, qui a fait une étude si méthodique de la tautomérie : « D'autres phénomènes (que ceux qui accompagnent la dissolution des acides, des bases et des sels) gagneraient sans doute à un essai d'explication basée sur la tautomérisation : l'action de certains agents catalytiques est peut-être dans ce cas[1]. »

Les découvertes récentes relatives aux propriétés des solutions colloïdales, à leur pouvoir catalytique en particulier, confirment bien dans cette idée que ces propriétés zymotiques, catalytiques, ioniques sont sous la dépendance non seulement de tel atome ou de tel groupement atomique particulier, mais de la manière d'être dudit atome ou dudit groupement. L'intensité des réactions produites par les colloïdes est infiniment grande par rapport au poids de matière qui se trouve à l'état colloïdal; elles sont absolument comparables aux réactions produites par les ferments, les venins et les toxines.

Arrhénius, Nernst, Madsen, Victor Henri, etc., ont montré que l'action des antitoxines sur les toxines se ramène à des actions colloïdales réciproques, que les phénomènes d'agglutination ne sont autre chose que des précipitations de colloïdes les uns par les autres, que la digestion de l'albumine et de l'amidon ne peut se produire qu'à la condition que le ferment forme avec ces aliments des complexes colloïdaux, et que la formation de ces complexes est favorisée par l'addition de colloïdes nouveaux, tantôt positifs, tantôt négatifs, suivant le cas.

Bref les toxines, antitoxines, précipitines, agglutinines, cytolysines, etc., sont des colloïdes, et leurs réactions ne constituent qu'un chapitre de l'étude de l'action générale des colloïdes sur les colloïdes; la question primordiale du mécanisme de l'immunité est ainsi ramenée à l'étude physico-chimique des humeurs de l'organisme.

Toutefois, ces faits ne fournissent aucune explication valable de l'action spécifique des diastases, du fait, par exemple, que l'amylase provoque la saccharification de l'amidon et laisse intacte l'inuline, ou que la sucrase, qui invertit le saccharose, est sans action sur le maltose, en d'autres termes de ce fait que, dans leur action, les diastases tiennent compte de l'arrangement moléculaire. Fischer a montré que la maltase hydrolyse facilement le méthyl-glucoside α et est inactive vis-à-vis du méthyl-glucoside isomère β :



[1] André Kling : La Tautomérie. *Revue générale des Sciences*, 15 et 30 avril 1907.

Digitized by Google

Ce savant a émis à ce sujet l'hypothèse qu'il doit y avoir similitude de configuration moléculaire entre les enzymes et les substances sur lesquelles elles agissent, similitude de configuration comparable à celle qui existe entre une clef et le mécanisme intérieur de la serrure qu'elle peut ouvrir. S'il n'y a pas relation stéréochimique entre l'enzyme et le corps sur lequel elle agit, l'action diastasique ne peut pas plus se produire qu'une clef ne peut ouvrir une serrure pour laquelle elle n'a pas été faite. L'adhésion moléculaire et, par conséquent, la transmission d'énergie seraient augmentées par certaines coïncidences de surface des molécules.

Ces notions jettent, comme on le voit, quelque clarté sur la nature intime des substances qui semblent jouer le rôle le plus important dans le mécanisme de l'immunité. Elles montrent, conformément aux enseignements de la Chimie physique, que les *propriétés chimiques, physiologiques et thérapeutiques des molécules sont subordonnées à leurs propriétés physiques*. A ce point de vue, et malgré le jugement si sévère prononcé par Duclaux à son sujet, on ne peut dénier ce qu'il y avait de prescience dans la proposition d'Arthus : « Les enzymes précipitées par la chaleur, solubles dans l'eau, précipitées de leur solution par l'alcool, entraînées par les précipités, fixées par la fibrine fraîche, peuvent être considérées comme des propriétés de substances et non comme des substances. »

Les travaux les plus récents relatifs, entre autres, à l'ionisation, à la colloïdothérapie, à la radiothérapie indiquent suffisamment la voie nouvelle dans laquelle s'engage la Pharmacodynamie à la suite de la Chimie physique. L'atome n'apparaît plus comme une manière d'unité pondérable ultime, insécable, inerte, mais, au contraire, comme un élément actif, de structure intime encore inconnue, mais susceptible de provoquer des phénomènes énergétiques d'ordres les plus divers, doué en particulier d'une radio-activité dont quelques modes seulement nous sont connus, mais dont la puissance pharmacodynamique est considérable.

L'évolution de la Pharmacodynamie est exactement calquée sur celle de la Chimie générale, dont elle ne constitue qu'un chapitre. L'exposé précédent montre que l'on peut schématiser cette évolution en quatre phases :

1re *phase*. — Tout empirique. — Découverte, du fait d'un empirisme millénaire, des drogues actives (opium, quinquina, belladone, digitale, etc.) naturelles.

2e *phase*. — Tout analytique. — Isolement des espèces chimiques caractéristiques des drogues actives. — L'action pharmacodynamique est considérée comme le fait d'une molécule spécifique.

3e *phase*. — Analytico-synthétique. — L'action pharmacodynamique dépend essentiellement d'un fragment moléculaire, d'un atome ou d'un groupe d'atomes.

4e *phase*. — Physico-chimique. — Les propriétés pharmacodynamiques peuvent être sous la dépendance, non plus de tel ou tel atome ou groupement d'atomes, mais de la manière d'être dudit atome ou groupement d'atomes, manière d'être qui lui confère des propriétés spéciales.

En d'autres termes, l'action pharmacodynamique a été reportée successivement de la drogue naturelle à une espèce chimique, à une molécule bien déterminée, de la molécule à un fragment moléculaire, atome ou groupement d'atomes, de l'atome ou du groupement d'atomes à la manière d'être du dit atome ou groupement.

De ce fait, la démarcation deviendra chaque jour moins tranchée entre la Pharmacodynamie médicamenteuse et la Physiothérapie.

Dr Alfred Martinet,
Ancien Interne des Hôpitaux de Paris.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Vallot (Henri), *Ingénieur des Arts et Manufactures*, et **Vallot** (Joseph), *Directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc*. — **Application de la Photographie aux levés topographiques en haute montagne.** — 1 *vol. de* 230 *pages avec figures*. (*Prix* : 4 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

En écrivant un traité de Topophotographie que l'on peut qualifier de général, les auteurs ont tenu à introduire dans leur titre l'indication « en haute montagne » pour indiquer que, dans leur esprit, l'exposé est limité aux conditions mêmes dans lesquelles ils ont opéré, et faire de leur livre le résultat d'expériences directes.

Le chapitre premier est consacré à la description des instruments. Les auteurs se sont bornés à décrire les appareils du genre photothéodolite, en y ajoutant, comme cas particulier, les appareils photographiques ordinaires appropriés, parce qu'ils ont voulu rester dans les limites pratiques de dépense pour les particuliers. La description du photothéodolite du Mont-Blanc ou phototachéomètre, comparé au photothéodolite de Laussedat, montre qu'avant 1893 la question d'une application sérieuse de la Topophotographie aux levés en montagne n'avait été que peu étudiée; tout était à faire sous le rapport de la précision.

Dans le second chapitre, les auteurs exposent les opérations sur le terrain. Ils posent tout d'abord en principe, et avec juste raison à notre avis, la nécessité d'encadrer les levés photographiques dans un canevas indépendant, préalablement exécuté par les procédés ordinaires. Quant au procédé de détermination de la station, ils insistent sur la méthode par relèvements, à laquelle l'un deux a apporté des simplifications par l'emploi des procédés de M. Hatt.

Les auteurs insistent dans un paragraphe spécial, consacré aux opérations photographiques, sur les moyens d'obtenir de bons clichés; ils montrent, en particulier, que le temps de pose est susceptible d'un calcul précis et donnent d'excellents conseils sur l'exécution pratique du tour d'horizon photographique.

Le chapitre troisième traite, en détail et avec une grande compétence, des opérations de laboratoire; il ne suffit pas, en effet, d'obtenir sur le terrain des clichés irréprochables, il faut encore pouvoir les développer de façon à posséder la meilleure image compatible avec le sujet et les conditions de pose. Les auteurs mettent le photographe en garde contre les insuccès possibles et lui donnent le moyen de les éviter.

Le chapitre quatrième et dernier, consacré à la restitution photographique, c'est-à-dire au parti à tirer du cliché, est celui auquel les auteurs ont donné le plus d'extension. C'est, d'ailleurs, la partie des opérations topophotographiques qui, en France du moins, est de beaucoup la moins connue. Les éléments de perspective, nécessaires à connaître, sont réduits à quelques notions très simples et l'on a éliminé tout ce qui peut ressembler à l'exécution d'une épure, irréalisable avec le papier des épreuves photographiques, car les auteurs n'admettent pas le maniement des clichés eux-mêmes et en donnent la raison.

Tous les détails de la restitution sont étudiés de façon à obtenir le maximum de précision possible, et il y a lieu de citer, en particulier, l'étude de la distance focale d'objectif à attribuer à chaque épreuve, distance que l'on peut déterminer à l'aide d'un instrument inventé dans ce but par MM. Vallot. Les auteurs ont fait, en outre, une étude approfondie des diverses erreurs dont est susceptible le procédé topophotographique, et en ont déduit la précision que l'on peut attendre de la méthode; ils montrent qu'elle peut être égale à celle des procédés d'intersection graphique.

Enfin, toute la partie relative à l'identification des points est traitée avec de minutieux détails.

L'ouvrage se termine par l'examen de la marche à suivre pour tirer le meilleur parti des épreuves obtenues à l'aide d'un appareil photographique ordinaire, simplement approprié, et l'examen du cas extrême où le canevas ne fait pas connaître la position de la station, et où alors il ne s'agit plus de levés réguliers, mais de simples reconnaissances dans lesquelles la photographie ne fait qu'apporter une aide.

En résumé, cet excellent ouvrage comble une lacune qui existait dans les ouvrages scientifiques français; il contribuera à faire connaître un procédé qui peut aider beaucoup le topographe, surtout en grande montagne, et amènera à développer l'emploi de méthodes encore peu employées, mais qui sont appelées à rendre de grands services dans certains cas.

Lt-Colonel R. Bourgeois,
Chef de la Section de Géodésie
au Service géographique de l'Armée.

Barriol (Alfred), *Directeur de l'Institut des finances et des assurances, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique*. — **Théorie et pratique des Opérations financières.** — 1 *vol. in-16, de l'Encyclopédie scientifique, publiée sous la direction du* Dr Toulouse. (*Prix* : 5 *fr.*) *Doin, éditeur. Paris*, 1908.

Différents manuels théoriques et pratiques des opérations financières ont paru dans ces derniers temps. Celui de M. Barriol se distingue par sa précision et sa clarté; il traite, en outre, longuement certaines questions d'un ordre plus élevé, telles que les opérations financières à long terme dont le développement est très réduit dans les manuels élémentaires.

L'ouvrage se divise en trois parties : les opérations financières à court terme; les opérations financières à long terme; les opérations financières de Bourse et de haute banque.

La première partie traite du prêt à intérêt simple, pour lequel on admet que l'intérêt s'accumule sans jamais s'ajouter au capital. Après avoir exposé les méthodes générales de calcul, M. Barriol dresse un tableau très pratique donnant le nombre de jours compris entre deux dates. Viennent ensuite la théorie et la pratique des comptes courants, l'escompte, l'étude des changes étrangers, précédée de quelques notes sur les effets de commerce. Cette dernière partie est excellente; mais, à propos des matières d'or et d'argent, M. Barriol eût peut-être rendu service à ses lecteurs en développant la question des arbitrages, qui donne lieu à des opérations très intéressantes et très pratiquées en banque, comme en témoigne le récent ouvrage de M. Kaufmann.

La seconde partie est consacrée à la théorie des intérêts composés et des opérations à long terme, dans lesquelles cette forme d'intérêts intervient. Ces questions occupent, à elles seules, la moitié de l'ouvrage; ce sont, d'ailleurs, les plus importantes. M. Barriol traite, avec une haute compétence, successivement le prêt et l'escompte à intérêts composés, le compte courant à intérêts composés, les calculs relatifs aux annuités, l'amortissement par annuités constantes et annuités variables, l'émission des titres remboursables par tirages au sort, l'usufruit et la nue propriété des titres, l'étude des divers types d'obligations, l'influence des

Digitized by Google

taxes sur le prix des valeurs, la comptabilité des prêts hypothécaires et des emprunts par obligations.

Les opérations financières de Bourse et de haute banque font l'objet de la troisième partie. L'auteur étudie les différentes sortes de marchés en Bourse : marchés au comptant et à terme, reports et primes. C'est la partie la plus résumée du livre, mais elle renferme l'essentiel, exposé de façon très claire. Les arbitrages auraient formé un complément utile, mais nous comprenons que l'auteur ait dû se borner à ce qui était le principal de son cours, qui doit porter essentiellement sur la deuxième partie. M. Barriol a esquissé avec raison l'interprétation graphique des opérations de Bourse, due à M. Lefèvre, très expressive et d'une grande ressource dans l'enseignement.

PIERRE CLERGET,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

2° Sciences physiques

Manville (O.), *Docteur ès sciences.* — **Les découvertes modernes en Physique. Leur théorie et leur rôle dans l'hypothèse de la constitution électrique de la Matière.** — 1 *vol. in-8° de* 186 *pages.* (*Prix* : 5 *fr.*) *A. Hermann, éditeur. Paris*, 1908.

Voici un livre clairement écrit et très substantiel sur les questions modernes d'ions, d'électrons et de radio-activité, qui pourra servir d'introduction à la lecture des Mémoires originaux, français ou étrangers, publiés par la Société française de Physique, sur les ions et électrons et au livre de Mme Curie sur la radio-activité.

L'auteur s'est surtout préoccupé de donner le schéma des méthodes expérimentales et de coordonner les résultats par la théorie électronique de la matière, sans chercher à imposer cette théorie comme une certitude, sans oublier que les résultats de l'expérience sont la chose la plus durable. L'esprit général du livre est excellent.

L'auteur a le souci constant de ne pas déformer la pensée des physiciens dont il résume les résultats avant de les discuter et de conclure. Peut-être a-t-il présenté certains résultats sous une forme un peu trop dubitative; mais cela n'a pas grand inconvénient et vaut mieux, certes, que de laisser croire au lecteur que les expériences n'ont point besoin d'être répétées.

Nous pensons que ce livre sera bien accueilli, et que, dans une seconde édition, l'auteur pourra faire disparaître quelques lapsus d'impression ou de rédaction et, d'autre part, préciser certains points, comme l'analogie de la déperdition électrique d'un conducteur directement frappé par les rayons X et de la déperdition d'un conducteur directement frappé par les rayons ultra-violets, l'explication élémentaire du phénomène de Zeeman.

G. SAGNAC,
Docteur ès Sciences.

Garçon (Jules). — **Traité-répertoire général des applications de la Chimie.** — 2 *vol. gr. in-8°.* (*Prix* : 35 *fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris*, 1907.

M. Jules Garçon est un maître en bibliographie industrielle. Après avoir, de 1893 à 1897, fait paraître un ouvrage en 3 volumes, la *Pratique du teinturier*, très estimé dans les milieux spéciaux, il a entrepris un véritable travail de bénédictin, en s'attaquant à une œuvre immense, l'*Encyclopédie universelle des Industries tinctoriales et des industries annexes.* Pour donner une idée du courage et de la conscience avec lesquels ce travail promet d'être mené à bonne fin, je citerai, entre autres, le gros volume de 1300 pages, modestement désigné sous le nom de fascicule 31, qui comprend le dépouillement du *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, de 1826 à 1900, soit de 70 volumes. Chaque Mémoire, chaque Note, est analysé et résumé d'une façon substantielle, et une table alphabétique des auteurs, ainsi qu'une table alphabétique et analytique des matières, complètent cette source inestimable de documents précieux.

C'est ce travail bibliographique, appliqué dans le principe à une industrie spéciale, qui a donné à M. Jules Garçon l'idée de son *Traité-répertoire général des applications de la Chimie*, dont le premier volume a paru en 1900 et le second en 1907. Le but de l'auteur, comme il l'indique dans sa préface, est d'étudier les applications générales et particulières de la Chimie, et d'exposer avec détail les plus importantes de ces applications. L'ouvrage débute par la liste des publications consultées, des renseignements pratiques sur les brevets d'invention (mis à jour dans le second volume), les règlements concernant les établissements dangereux, insalubres et incommodes, le transport des matières dangereuses et infectes, etc. C'est bien indiquer son but pratique et utilitaire.

Dans le tome Ier, l'auteur étudie les métalloïdes et leurs composés métalliques. Nous citerons tout particulièrement les chapitres qui ont trait à l'oxygène, à la composition de l'air, à l'air confiné, à l'air comprimé, etc., à l'ozone, dont les applications à la production de certains parfums artificiels, au blanchissage du linge, et à l'épuration où à la stérilisation des eaux potables présentent une importance de premier ordre.

La question des eaux minérales, eaux potables, eaux d'égouts, celles de l'analyse des eaux d'alimentation, de l'épuration des eaux industrielles et des eaux résiduaires, etc., sont traitées avec une étendue digne du sujet. L'eau oxygénée, employée en médecine et en chirurgie comme agent d'antisepsie et pour le blanchiment des fibres végétales et animales, est aussi l'objet d'une intéressante étude.

Dans les chapitres relatifs aux oxydes, nous signalerons ce qui a trait à la soude caustique, avec ses diverses applications, en particulier celle du mercerisage du coton, qui donne à cette fibre le brillant et l'éclat de la soie. Des renseignements intéressants sur l'emploi de l'oxyde de zinc dans la peinture à l'huile, — question à l'ordre du jour, — les applications des chromates en teinture et en impression, la fabrication de l'outremer, celle de l'acide sulfurique par le procédé de contact, qui tend à remplacer l'usage des chambres de plomb, une étude sur le diamant, l'emploi des houilles pour le chauffage, etc., sont à citer tout spécialement.

Le tome II traite des composés du carbone (composés organiques) et des métaux. L'étude de ces derniers aurait été, nous semble-t-il, mieux à sa place dans le tome Ier, à côté de celle des métalloïdes et des composés métalliques. Les premiers chapitres sont consacrés aux carbures d'hydrogène, aux gaz naturels, au grisou et aux moyens de le combattre, à l'acétylène et aux appareils destinés à son emploi pour l'éclairage. L'origine, la constitution et l'emploi des pétroles, une longue étude sur les résines, les vernis, le caoutchouc, sur les essences, l'alcool, les boissons fermentées, les eaux-de-vie et les liqueurs, de nombreuses recettes de parfums, vinaigres, dentifrices, etc., constituent le bilan des chapitres suivants.

Des alcools on passe aux phénols, dont les applications touchent à la thérapeutique, à l'antisepsie, aux parfums, aux matières colorantes; des phénols, aux aldéhydes et aux cétones, parmi lesquelles on notera l'aldéhyde formique, la vanilline, l'ionone, etc. Les camphres et leur fabrication artificielle, les tannins et leurs diverses applications, les corps gras et leurs dérivés, comme les savons, les dextrines, gommes, amidons, celluloses (explosifs, fibres artificielles, etc.), les alcaloïdes, les albumines, les fermentations, les matières colorantes naturelles et artificielles, les produits pharmaceutiques et photographiques, se succèdent dans le développement normal du plan de l'auteur, avec une ampleur de détails et de renseignements qui rendent la lecture de l'ouvrage des plus instructives et des plus attrayantes à la fois.

En résumé, la valeur considérable du traité de M. J. Garçon est intimement liée au plan suivi par l'auteur. Tandis qu'un dictionnaire de Chimie ne com-

Digitized by Google

porte qu'une suite de monographies, sans liaisons les unes avec les autres, l'idée de sérier les fonctions chimiques dans un ordre didactique, et de relier à chacune de ces fonctions tous les corps qui s'y rattachent, ainsi que leurs applications, donne à l'ouvrage un caractère d'unité et de logique, qui ne fait qu'ajouter à ses solides qualités de fonds. MAURICE PRUD'HOMME.

3° Sciences naturelles

Thomas (Philippe), *Membre de la Mission de l'Exploration scientifique de la Tunisie.* — **Essai d'une description géologique de la Tunisie.** *1re partie* : **Aperçu sur la Géographie physique.** — 1 *vol. in*-8° *de* 211 *pages avec cartes et figures.* (*Prix* : 4 *fr.* 50.) *Imprimerie Nationale. Paris*, 1908.

Si jamais mission scientifique fut fructueuse, ce fut assurément la Mission d'exploration scientifique de la Tunisie, et personne ne pourra me contredire si j'affirme que la plus grande gloire en revient à M. Philippe Thomas. Sa mémorable découverte des immenses gisements de phosphate de Gafsa et de la Kalaat eos Snam a eu une répercussion considérable sur l'avenir économique de la Tunisie. Un pays transformé, près de mille kilomètres de chemin de fer, deux ports outillés, voilà le bilan pratique d'une découverte scientifique!

Malheureusement, le côté purement scientifique des travaux de M. Philippe Thomas ne nous était qu'incomplètement connu, car les hautes fonctions dont il était investi ne lui ont pas permis, depuis près de vingt ans, de se livrer à sa science de prédilection : la Géologie. Dans le silence de la retraite, favorable aux graves méditations, il reprend la plume pour nous faire connaître ce pays qu'il a vivifié. Nul ne s'en félicitera plus que moi, qui ai pu apprécier sur place la valeur des renseignements que M. Ph. Thomas m'avait communiqués avec sa libéralité coutumière; aussi est-ce avec un sentiment de reconnaissance que je signale aux lecteurs de la *Revue générale des Sciences* le premier fascicule de l'ouvrage de mon savant prédécesseur, consacré à la Géographie physique de la Tunisie. C'est de la Tunisie tout entière, de Bizerte à Ghadames, qu'il s'agit ici, car le Ministère de l'Instruction publique a pensé faire œuvre utile en confiant à M. Ph. Thomas le soin de coordonner tous les travaux concernant la géologie de la Régence. Le premier fascicule est comme une vaste introduction à cette description géologique, et déjà la Géologie y tient une large place, puisque c'est elle qui explique la Géographie physique. C'est à sa lumière que sont étudiées l'orographie et l'hydrographie de cet intéressant pays; quant au résumé tectonique qui clôt cette première partie, c'est purement de la Géologie.

L'ouvrage est donc dédié tout d'abord aux géologues, mais les géographes y trouveront une foule de renseignements qu'ils chercheraient vainement ailleurs, surtout sur la région méridionale, au sujet de laquelle bien peu de chose a été encore publié. L'archéologue remarquera aussi mainte indication intéressante dans ces pages, où l'auteur fait preuve d'une vaste érudition. Je n'entreprendrai pas, d'ailleurs, d'analyser ce livre si nourri et si plein d'observations, car la lecture seule peut en donner une idée exacte. Je me bornerai à formuler un vœu en terminant : c'est que l'Imprimerie Nationale ne nous fasse pas attendre trop longtemps les deux autres fascicules. L. PERVINQUIÈRE,
Chargé de Conférences à la Sorbonne.

Charabot (Eug.), **Collot** (Georges), **Chevron** (Maurice) et **Viallar** (Pierre). — **Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin colonial. II. Les productions végétales.** — 1 *vol. in*-8°. *Challamel, éditeur. Paris*, 1908.

La très intéressante manifestation coloniale qui a remporté l'an dernier, au Jardin colonial de Nogent-sur-Marne, un légitime succès, ne pouvait disparaître sans laisser de traces plus durables qu'un simple souvenir. De nombreux documents ont été mis sous les yeux des visiteurs pour leur apprendre à connaître et à mieux apprécier les productions de notre empire colonial, presque ignoré encore du grand public et, par suite, décrié injustement. Il était à souhaiter, pour la diffusion de l'idée coloniale, qu'ils fussent synthétisés dans une publication d'ensemble. Le Rapport général de l'Exposition atteindra ce but.

Le deuxième volume de ce Rapport, celui qui traite des productions végétales, vient de paraître. Il est dû tout entier à la plume autorisée de M. Charabot, qui a assumé la lourde tâche de passer en revue les richesses naturelles et culturales du sol, celles qui, de l'avis de tous les coloniaux compétents, doivent faire la base fondamentale de nos exploitations d'outre-mer.

Je serais tenté, maintenant que j'ai lu ce Rapport, d'en effacer le titre et d'écrire à la place : *Cours de matières premières coloniales.* C'est, en effet, beaucoup mieux qu'un Rapport ordinaire.

Se référant aux sources bibliographiques les plus sérieuses, M. Charabot passe en revue les divers produits végétaux de nos colonies et, pour chacun d'eux, donne l'histoire complète des plantes productrices, leur étude botanique, leur culture, les procédés d'exploitation, la transformation en marchandises exportables; puis l'examen de la production et du commerce, qui comprend des tableaux statistiques de la production de chaque colonie (quantités et valeur) et, lorsque le produit est important, des statistiques mondiales de production, d'exportation et de consommation par pays. Le tout accompagné d'excellents clichés photographiques représentant les plantes étudiées et les diverses phases intéressantes de la commercialisation de leurs produits.

Ce Rapport est un livre qu'il faut lire et qui s'adresse non seulement aux techniciens coloniaux, devant y rencontrer des renseignements du plus haut intérêt sur des sujets qui leur sont familiers, mais aussi au grand public. Celui-ci y trouvera, écrite d'une plume alerte, une histoire économique de nos colonies, dont la lecture, non seulement n'offre pas l'aridité que l'on redoute toujours dans les Rapports, bourrés de chiffres par définition, mais présente, au contraire, par l'esprit critique qui l'a inspiré, un intérêt qui ne se dément pas un seul instant jusqu'à la fin de l'ouvrage. Nous lui souhaitons le meilleur succès, persuadé d'ailleurs qu'il ne lui fera pas défaut. Ce sera la récompense bien due à un travail très consciencieux, qui apporte un appoint important à la meilleure connaissance de nos colonies. L. LUTZ,
Professeur agrégé
à l'École supérieure de Pharmacie.

4° Sciences médicales

Lannelongue, Achard et **Gaillard.** — **Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse. Recherches expérimentales.** — 1 *vol. de* 85 *pages.* (*Prix* : 2 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

Dans ce petit volume sont consignées les expériences que les auteurs ont instituées pour déterminer la valeur des conditions étiologiques et pronostiques les plus fréquentes de la tuberculose.

Le traumatisme n'a point, sur la localisation de la tuberculose, l'influence prédisposante qu'avait annoncée Max Schüller; cet auteur a dû confondre les lésions tuberculeuses avec les lésions produites par des microbes d'infection secondaire. Friedrich, Honsell, Petrow ont confirmé l'opinion des auteurs, qui est acceptée communément aujourd'hui. De même, chez l'homme, il n'y a pas de relation entre la production de la tuberculose et l'accident, fait important au point de vue de l'appréciation des accidents du travail. Par contre, les mouvements imprimés aux articulations atteintes de tuberculose favorisent l'extension du mal.

Les expériences faites sur l'action du climat sur la tuberculose des cobayes n'ont pas fourni de conclusion

Digitized by Google

précise. Des cobayes inoculés qui ont vécu à la mer, à la campagne, à la montagne et au laboratoire, ce sont ces derniers qui ont survécu le plus longtemps, bien qu'ils fussent enfermés dans un lieu obscur et mal aéré.

L'action de la température est nulle, pourvu que les animaux ne soient pas exposés à de grandes variations de température ou à de grands froids; ces dernières conditions accélèrent l'évolution tuberculeuse.

L'inhalation de poussières de balayages a accéléré l'évolution morbide. De même pour la fatigue (cobayes placés en cages tournantes) et pour l'alimentation insuffisante.

Les régimes surazotés au gluten ont permis une survie plus longue que les régimes de suralimentation grasse ou sucrée, bien que ces derniers fussent également assez riches en azote.

L'intoxication alcoolique chronique, que l'alcool pénètre par le tube digestif, par injection sous-cutanée ou par inhalation respiratoire, a toujours diminué la résistance et la survie des animaux.

Enfin les auteurs ont essayé l'action d'un sérum antituberculeux obtenu par inoculation répétées de toxines tuberculeuses à l'âne, et ont constaté que ce sérum exerce une certaine action curative et préventive, alors que le sérum d'âne normal est inefficace.

Ces expériences, conduites avec beaucoup de précision, sont intéressantes et contribuent à élucider le problème de la tuberculose; mais elles montrent, en outre, combien il est difficile, dans cette question, de conclure des animaux à l'homme.

Dr Marcel Labbé,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine,
Médecin des Hôpitaux.

5° Sciences diverses

Lapie (Paul), *Professeur à la Faculté des Lettres de Bordeaux.* — **La Femme dans la famille.** — 1 *vol. in-18 de* 334 *pages.* (*Prix : 4 fr.*) *Doin, éditeur. Paris*, 1908.

Rien n'est plus difficile que de faire application de l'esprit scientifique aux phénomènes de la vie humaine : non seulement leur complexité déconcerte notre intelligence, mais l'intérêt que nous leur portons trouble notre sensibilité; comment aborder, dans la même disposition que la Physique, l'étude de la morale?

Jadis M. Paul Lapie, dans un excellent petit livre, *La Justice par l'Etat*, avait tenté tout à la fois de nous expliquer théoriquement et de nous montrer sur un problème particulier quelle attitude, à la fois expérimentale et rationnelle, conciliatrice du fait et du droit, du réel et de l'idéal, il prétendait adopter comme méthode de la morale sociale. Préalablement, jeune universitaire formé par les livres, il s'était exercé à l'observation directe, et son premier ouvrage, *Les Civilisations tunisiennes*, avait apporté à la Psychologie sociale un précieux recueil de faits intelligemment ordonnés et interprétés. Scientifiquement, selon les procédés les plus précis de l'histoire, étudions donc d'abord ce que furent les sociétés et les mœurs des hommes, puis, sur ces documents, raisonnons, et c'est par la raisonnable interprétation de ce réel bien connu que nous pourrons concevoir un idéal qui soit à la fois conforme à l'avenir et au passé.

Il y avait donc un très vif intérêt à voir M. Paul Lapie aborder, avec un souci pratique, l'une des questions de la plus passionnante actualité : la situation de la femme, ce qu'elle fut historiquement, ce qu'elle tend à devenir dans l'évolution sociale, ce qu'elle doit être rationnellement. *La Femme dans la famille* est un livre de science dont les conclusions pourraient être prescrites par le Code et je ne saurais trop en recommander la lecture au *Comité pour la Réforme du mariage.*

Il faut donc distinguer dans l'ouvrage de M. Paul Lapie deux parties qui correspondent aux deux moments de sa méthode. Les conclusions, qui correspondent à l'idéal, restent discutables, parce que, dès que l'on quitte l'expérience immédiate, il est toujours possible de tirer des faits des inférences diverses. Mais ce qui demeure acquis, positif, c'est toute la recherche par laquelle M. Paul Lapie a établi, d'après l'histoire, l'évolution et le sens de l'évolution à l'égard de la situation de la femme dans la société. C'est donc là-dessus, principalement, que je voudrais insister.

D'abord, pouvons-nous déterminer historiquement comment varie, dans la famille, la situation de la femme? Procédons par comparaison et rapprochons les Chinois, par exemple, chez qui la condition de la femme est aussi basse que possible, des sociétés où sa condition est privilégiée, telles que les agriculteurs primitifs, l'Egypte ancienne, les Etats-Unis d'aujourd'hui. Ce qui, dans ces différents types de famille, varie, c'est l'importance du rôle économique, politique et religieux de la femme. Cette variation a elle-même pour cause la valeur attribuée au sexe féminin, laquelle cause comporte elle-même, comme conditions secondaires, l'opinion des hommes sur le bonheur féminin et la nécessité de la subordination hiérarchique de la femme dans la famille. Nous avons donc, d'après les données de l'histoire, pour nous prononcer théoriquement, à étudier ces deux points : l'unité de la famille exige-t-elle la subordination de l'épouse? Quelle est la valeur respective des sexes, et surtout la valeur actuelle des époux européens?

Avec une extrême précision, Paul Lapie démontre que la famille, avec l'évolution moderne, tend, sinon à se dissoudre, à se distendre. A l'origine, elle avait une unité religieuse, politique, économique. Il n'en est plus de même aujourd'hui et l'unité économique elle-même se trouve menacée par la division du travail qui attire l'ouvrière à l'usine et, en même temps, réduit au foyer sa tâche de ménagère. Ajoutons que la densité de la famille est plus faible aussi et que sa tâche pédagogique, par suite de l'intervention de l'Etat dans l'instruction, se trouve moins lourde. Il faut donc se demander, — et c'est le second point dont nous trouvons ici une démonstration excellente, — si la hiérarchie domestique qui découlait de la première unité et impliquait la subordination des femmes est nécessaire à leur bonheur. Ce n'est point l'avis de M. Paul Lapie. Passant successivement en revue les raisons classiques sur lesquelles on prétend fonder l'infériorité de la femme, il conclut à une infériorité relative, c'est-à-dire historique, non naturelle. Si l'on compare les Européens et les Européennes, on est frappé de voir que les exceptions — celles où le mari est inférieur à la femme — vont en se multipliant.

Pratiquement, il faut donc modifier la conception d'un mariage qui suppose universelle l'infériorité des femmes et compose un même type de contrat pour tous les cas. Ce n'est pas à dire que M. Paul Lapie soit féministe; il est trop bon historien pour cela, mais il est également éloigné de l'opinion courante qui décrète comme dogme l'inégalité des deux sexes et prend cette inégalité comme base du mariage. La position intermédiaire qu'il adopte est fort ingénieuse; ce n'est pas celle de l'union libre, mais de l'union juste, c'est-à-dire vraiment libre, volontaire, mutuellement consentie, et exactement appropriée aux deux contractants; il faudrait donc que l'Etat, par des formalités plus simples, se bornât à assurer ce libre consentement des volontés et, au lieu d'imposer à tous un même contrat, garantît seulement l'initiative des contractants. M. Paul Lapie n'est pas un adversaire du mariage et il se montre même assez méfiant à l'égard du divorce : il est partisan d'un mariage élargi, assoupli, et qui soit plus capable de sauvegarder, avec la vérité des faits, l'originalité des individus.

Gaston Rageot.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 9 Juin 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. Auric** présente ses recherches sur le développement en fraction continue d'un nombre algébrique, qui lui permettent de montrer que *e* n'est pas un nombre algébrique. — **M. Montessus de Ballore** montre qu'on peut rendre les constructions stables vis-à-vis des tremblements de terre par l'emploi de deux principes : l'élasticité et l'indéformabilité. Le béton armé se montre la matière de choix dans les pays instables.

2° Sciences physiques. — **M. Ed. El. Colin** présente les résultats des observations magnétiques absolues exécutées à Tananarive de mai 1907 à avril 1908. La déclinaison et l'inclinaison ont diminué; la composante horizontale est restée la même. — **M. G. Gouy** décrit un appareil destiné à mesurer de petites différences de niveau avec une grande exactitude. C'est un microscope horizontal, pouvant monter et descendre, et reposant par trois pieds sur un plan de verre horizontal sur lequel il peut glisser. — **MM. Ed. Sarasin** et **Th. Tommasina** ont trouvé la cause du dédoublement de la courbe de désactivation des conducteurs recouverts d'une couche diélectrique et radio-activés avec charge; elle réside dans une absorption, suivie d'une autoémission, de la charge donnée pendant l'activation. — **M. G. Meslin** montre qu'on peut réaliser pour le dichroïsme électrique un classement analogue à celui qu'il a obtenu pour le dichroïsme magnétique (voir la *Revue* du 15 juin 1907). — **M. A. Léauté** a étudié la cause des stries observées par M. Hemsalech dans l'étincelle produite par une coupure intercalée dans le circuit de décharge d'un condensateur à travers une self-induction; elle réside dans l'existence de deux circuits en parallèle, que peut prendre le courant de décharge du condensateur : l'un comprend toute la bobine de self-induction; l'autre se ferme près d'une des extrémités de cette bobine par un effet de capacité. Pour qu'une bobine donne naissance à des stries visibles, il suffit : 1° qu'elle ait une self assez grande; 2° qu'à une de ses extrémités il existe, entre deux couches de fil consécutives, une grande différence de potentiel. — **M. J. L. Routin** étudie le problème du réglage des groupes électrogènes. Il montre, en particulier, qu'il est possible de réaliser des régulateurs automatiques agissant à vitesse variable. — **M. J. Jacobsen**, en versant du nitrate d'argent dans une solution d'acide chloroaurique, a obtenu un précipité $Au(OH)^3.4AgCl$, qui, traité par AzH^3, fournit l'or fulminant $Au(OH)^3AzH^3.H^2O$. — **M. J. Bertheaume** a constaté qu'un chlorhydrate de méthylamine, purifié d'AzH^3 par l'alcool absolu bouillant, retient au minimum 8,5 °/₀ d'AzH^4Cl. — **M. J. B. Senderens** montre que l'alumine précipitée et desséchée à une température modérée est un bon catalyseur déshydratant; elle est aussi capable d'enlever 1 molécule d'hydracide à un composé organique. — **M. N. Gréhant** a analysé le gaz des marais dans l'eudiomètre-grisoumètre et y a trouvé 67,7 °/₀ de formène. D'autre part, il a obtenu la dissociation de C^2H^6,C^2H^4 et C^2H^6 en les traitant dans l'eudiomètre sans addition d'air. — **MM. P. Sabatier** et **A. Mailhe** ont réalisé la fixation directe de six atomes d'H sur l'hydroquinone, la pyrocatéchine et le pyrogallol, en les faisant passer à l'état de vapeurs avec de l'hydrogène à 130° sur du nickel réduit. — **M. J. Wolff** a constaté que le ferrocyanure de fer colloïdal se comporte, dans ses fonctions essentielles, comme une peroxydiastase naturelle. Il oxyde le pyrogallol en purpurogalline; il est gêné par les sulfates de fer et de cuivre et les acides minéraux. — **M. A. Rosenstiehl** : Rôle des levures et des cépages dans la formation du bouquet des vins (voir p. 512).

3° Sciences naturelles. — **M. J. de La Riboisière** a observé, chez 110 oiseaux, une suppléance du foie par la plume, le poids de l'un s'élevant lorsque le poids de l'autre diminue. — **M. F. Kerforne** a étudié le minerai de Coatquidan (Morbihan); c'est de l'hématite rouge, dont le niveau doit être placé entre le Cambrien et l'Ordovicien, probablement à la base du Grès armoricain. — **M. Ph. Barbier** a trouvé à Mesvres (Autunois) un mica fortement sodique, se rapprochant de la paragonite, mais s'en distinguant par sa teneur en lithine; c'est donc un minéral particulier, que l'auteur nomme *hallérite*.

Séance du 15 Juin 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. Em. Picard** donne la solution d'une équation aux dérivées partielles relative à une surface fermée. — **M. de Séguier** présente ses recherches sur les formes bilinéaires. — **M. S. Sanielevici** indique la solution de l'équation aux dérivées partielles des membranes vibrantes, débarrassée de toute restriction sur le signe de la fonction $A(x, y)$. — **M. H. Deslandres** a appliqué la méthode de l'inclinaison, employée pour la reconnaissance de la rotation des planètes, à l'étude de la rotation des diverses couches atmosphériques du Soleil. Les couches supérieures ont parfois des variations de vitesse de rotation notables et même différentes pour les deux hémisphères. L'auteur a également enregistré l'éclat moyen de la chromosphère. — **M. G. A. Hale** a photographié les flocculi de l'hydrogène avec les raies $H\alpha$ et $H\delta$. Avec $H\alpha$, on obtient des flocculi beaucoup plus intenses et plus étendus. — **M. P. Lebedew** montre que les découvertes récentes de MM. Nordmann et Tikhoff peuvent s'expliquer sans recourir à la dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire, en supposant simplement que les atmosphères des satellites des étoiles variables sont un peu asymétriques.

2° Sciences physiques. — **M. P. Jégou** décrit un dispositif pour l'étude de la sensibilité des détecteurs électrolytiques, avec lequel il a pu vérifier que cette sensibilité augmente sous l'action de la chaleur. — **M. Devaux-Charbonnel** a réalisé la photographie de la parole en photographiant les mouvements d'un oscillographe placé dans le circuit d'un microphone et d'une pile. — **M. A. de Gramont** a déterminé les raies ultimes des métalloïdes Te, P, As, Sb, C, Si et B, c'est-à-dire celles qui disparaissent les dernières du spectre quand la proportion du corps diminue. — **M. H. Baubigny** a déterminé la solubilité de AgI dans l'ammoniaque; à 16°, dans AzH^4OH de densité 0,926, elle serait de l'ordre de 1/6.000. — **MM. Besson** et **Rosset** ont constaté l'existence de deux combinaisons du chlorure d'arsenic avec l'ammoniac: $AsCl^3.4AzH^3$ et $2AsCl^3.7AzH^3$. — **M. H. Giran** montre que l'acide orthophosphorique forme un seul hydrate, à 0,5 H^2O, fondant à 27°, et l'acide pyrophosphorique un seul hydrate à 1,5 H^2O, fondant à 26°. — **M. M. Delépine** a préparé les chloroïridates alcalins $IrCl^6M^2$ par double décomposition avec celui de Na, puis les chloroïridites $IrCl^5M^3$ par réduction des précédents avec les oxalates neutres. Quelques-uns sont décomposables par l'eau en aquopentachloroïridites $IrCl^5(H^2O)M^2$. — **M. A. Recoura** a préparé une solution colloïdale de sulfate de baryum par précipitation au sein de la glycérine pure. La présence de sels de Ba

Digitized by Google

solubles dans cette liqueur en augmente considérablement la stabilité. — **M. D.-E. Tsakalotos** pense que, dans les hydrates des acides gras, l'oxygène est quadrivalent ; plusieurs expériences démontrent la non-formation d'une combinaison moléculaire de l'acide formique avec l'eau. — **M. M. François** a préparé un phosphate double cristallisé de magnésie et de monométhylamine $MgPO^4.AzH^3.CH^3.6H^2O$; il ne semble pas exister de phosphates correspondants de di- et de triméthylamine. — **M. V. Auger** a constaté que le méthylarsinate et le cacodylate de soude sont décomposés par NaOH avec formation de méthane et d'arséniate de soude. Les iodométhylarsinates sont décomposés de la même façon en iodure de méthylène et arséniate de soude. — **M. P. Carré** a préparé l'acide 3 : 4-dioxybutyrique avec la monochlorhydrine de la glycérine et KCAz. A l'ébullition dans le vide, il perd de l'eau et forme la lactone de l'acide oxy-4-crotonique et celle de l'acide 3 : 4-dioxybutyrique, Eb. 174°-175° sous 12 mm. — **M. R. Fosse** étudie la constitution des composés tétraméthyldiaminobenzhydrylméthyléniques, qui résulteraient du remplacement de l'OH de l'hydrol de Michler par des restes alkyméthyléniques. — **M. J. Dugast** a constaté que, sous l'influence de SO^2, les propriétés physiques du gluten peuvent être profondément modifiées et les farines perdre une partie de leurs qualités boulangères. — **MM. L. Hugounenq** et **A. Morel** conseillent l'emploi de HF à 20-25 °/₀, à la température du bain-marie bouillant, comme agent d'hydrolyse des matières protéiques, car il permet une hydrolyse complète et non destructive des constituants qu'il a libérés.

3° Sciences naturelles. — **M. Marage** donne le résultat obtenu, chez les élèves de l'école primaire de la rue Cambon, par la pratique des exercices respiratoires. Chez tous, le tour de poitrine s'est accru rapidement ; les attitudes vicieuses ont disparu. — S. A. S. le **Prince de Monaco** indique les principaux résultats scientifiques de la neuvième campagne de la *Princesse-Alice*, dirigée vers le Spitzberg en 1907. Un champ de glace venant de l'Est a encombré pendant tout l'été la côte Ouest. On a constaté la présence du capelan et d'une espèce de morue dans l'Icefjord. Les plaques photographiques autochromes se sont recouvertes d'un voile bleu intense à partir de 70° de latitude. — **M. L. Blaringhem**, par l'hybridation des formes affines de l'orge (*Hordeum distichum*), a mis en évidence : 1° la dérivation de variétés par la mise en latence d'un caractère (nervures dorsales sans dents); 2° la réapparition d'un caractère propre aux espèces sauvages d'orge à la suite du mélange sexuel de deux variétés qui ne le présentent pas. — **M. J. Mendel** montre que l'intensité d'action de l'ion zinc sur les les milieux microbiens croît avec le temps, l'intensité du courant et la surface de section de l'électrode. — **M. Grand'Eury** présente ses recherches sur les organes et le mode de végétation des Névroptéridées et autres Ptéridospermes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 Juin 1908.

M. Le Dentu a pratiqué depuis dix ans, dans son service, les injections préventives de sérum antitétanique et leur attribue la disparition complète des cas de tétanos. — **M. P. Reynier** estime, par contre, qu'à l'heure actuelle, étant donnée la faible durée du pouvoir antitoxique du sérum antitétanique, devant l'ignorance où nous sommes de la persistance du bacille de Nicolaïer dans nos tissus et du moment où il entrera en activité déversant sa toxine, le sérum antitétanique ne peut donner aucune garantie au point de vue prophylactique. — **M. G. Dieulafoy** signale un cas très curieux, observé chez un homme d'une trentaine d'années, d'escarres multiples et récidivantes, depuis deux ans et demi, aux deux bras et au pied; cet homme avait subi successivement l'élongation des nerfs du plexus brachial, puis l'amputation du bras gauche. La cause de ces escarres ne pouvant être attribuée à aucune affection connue, **M. Dieulafoy** finit par porter le diagnostic de simulation. Le malade, après un interrogatoire serré, reconnut qu'il se faisait lui-même ses lésions au moyen de la potasse caustique. **M. Dieulafoy** propose, pour cet état morbide, le nom de *pathomimie*. — **M. E. Boinet** apporte un cas d'anévrismes multiples de l'aorte chez un ouvrier des quais; l'un d'eux, ayant perforé la partie postérieure de la bronche gauche, provoqua la mort par hémoptysie foudroyante. L'auteur a observé, d'autre part, chez des malades porteurs d'anévrismes de la crosse de l'aorte, une intolérance anaphylactique vis-à-vis du sérum gélatiné.

Séance du 16 Juin 1908.

M. le Président annonce le décès du Dr **Allison**, correspondant national.

M. Le Dentu présente un Rapport sur un travail du Dr **Couteaud** relatif à un cas curieux d'abcès gazeux du foie compliqué d'hépatoptose. C'est la première fois qu'on signale la coexistence de l'abaissement du foie avec un abcès; ce fait complique beaucoup le diagnostic. — **M. F. Widal** présente, au nom de la Commission permanente des épidémies, un Rapport où il étudie l'application de la loi de 1902 sur la santé publique. Malgré de grands efforts, la loi reste encore trop souvent inappliquée. La déclaration des maladies transmissibles ne se fait que très irrégulièrement; les moyens de désinfection sont insuffisants dans beaucoup de circonscriptions, et le plus grand nombre des localités rurales reste dans un état d'insalubrité lamentable, dont elles n'essaient pas de sortir malgré les prescriptions légales. Il y aurait lieu d'apporter à la loi les modifications suivantes : 1° déclaration obligatoire des maladies transmissibles inscrites dans la loi, non plus par le médecin, mais par la famille, par le chef d'établissement, par le logeur, dès qu'ils auront été avisés du diagnostic; 2° poursuite rigoureuse de toute infraction et application des peines prévues par la loi ; 3° désinfection effectuée par des gens du métier; 4° obligation formelle de mettre en vigueur des règlements sanitaires communaux prévus par la loi ; 5° inspection sanitaire obligatoire pour chaque département. — **MM. H. Hallopeau** et **François Dainville** signalent un cas d'hémimélie avec syndactylie (soudure des doigts sur toute leur longueur), synonychie (soudure des ongles) et défaut de développement de plusieurs métacarpiens. L'hémimélie s'étend à toute la longueur du membre, ainsi qu'à la langue et au voile du palais. — **M. L. Landouzy** montre, d'après les statistiques de l'Hôpital Laënnec, que le métier de blanchisseur et de buandier doit être placé au premier rang des occasions de tuberculose professionnelle. Les quatre communes suburbaines de Puteaux, Suresnes, Boulogne-Billancourt et Issy-Les Moulineaux, où résident particulièrement les blanchisseurs, ont fourni deux fois et demie plus de morts par tuberculose que les arrondissements parisiens de l'Ouest. Les blanchisseurs devenus tuberculeux infectent leur logis et créent autour d'eux des foyers où pourront se tuberculiser les nouveaux venus de toutes professions.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Juin 1908.

MM. Déléarde et **A. Benoît** recherchent le sang par addition de phénolphtaline et de H^2O^2; en présence des moindres taches de sang, le liquide acquiert instantanément une coloration rouge fuchsine. — **MM. A. Gilbert** et **P. Lereboullet** ont étudié les cirrhoses alcooliques avec ictère. Elles évoluent vite et la mort survient par cachexie, ictère grave, infection surajoutée ou hémorragie gastro-intestinale. — **M. J. Lesage** a trouvé chez le *Leptodactylus ocellatus*, grenouille de l'Argentine, un parasite endoglobulaire qu'il nomme *Haemogregarina leptodactyli*. — **MM. M. Loeper** et **Ch. Esmo-**

Digitized by Google

net ont constaté que la résorption digestive de la pepsine et de la pancréatine est constante dans l'organisme vivant; à haute dose, ces ferments déterminent des troubles variés du sang, du foie, des tissus, de la nutrition générale. — M. **Nicolétis** a observé que le courant énallaxotone, sur un animal en syncope respiratoire chloroformique, met en jeu tous les muscles de la respiration. L'hématose s'effectue de nouveau et, de ce fait, provoque la réapparition des mouvements respiratoires spontanés. — MM. **Ch. Aubertin** et **P. Hébert**, en intoxiquant très lentement par l'alcool des cobayes et des lapins, ont observé une surcharge glycogénique avec hypertrophie considérable du foie. — MM. **R. Turro** et **A. Pi Suner** démontrent l'existence de bactériolysines naturelles dans le pancréas, la thyroïde, le muscle gastrocnémien du lapin, le tissu nerveux. — M. **V. Boucher** signale la présence générale de l'émulsine dans les gommes et quelques résines. — MM. **Ed. Chatton** et **Eug. Alilaire** ont trouvé deux parasites coexistant sur une mouche, le *Drosophila confusa*; ce sont un *Leptomonas* et un *Trypanosoma* nouveaux. — M. **Ed. Retterer** a constaté que la corne dure et compacte est composée de cellules nucléées; dans l'ongle humain et les cornes du mouton, on distingue, dans la cellule cornée, une trame réticulée et une masse amorphe. — Mlle **A. Drzewina** estime que les crabes posés sur la plage se dirigent toujours vers la mer, parce qu'ils sont attirés par l'humidité qu'elle dégage : il y a hydrotropisme. — M. **L. Lapicque** rappelle qu'au Congo 20 à 25 millions d'êtres humains emploient, à la place du sel de cuisine, des sels de potassium provenant de l'incinération des plantes. — M. **Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont reconnu que les œufs fécondés par des spermatozoïdes de lapins dont les testicules ont été rœntgénisés subissent des perturbations suivies d'un arrêt de développement. — M. **P. Mulon** a observé, chez une femelle de cobaye, un corps jaune kystique exclusivement formé par la *theca interna* du follicule. — MM. **M. Salomon** et **P. Halbron** ont constaté que, dans les gastro-entérites infantiles, les altérations pancréatiques sont en général peu considérables; elles se traduisent surtout par des modifications des îlots de Langerhans et du tissu interstitiel. — M. **H. Piéron** a observé, chez les Invertébrés marins, des rythmes engendrés par une variation périodique de la teneur de l'eau en oxygène. — M. **Cl. Gautier** a reconnu que la transformation de l'indol en indoxyle et le passage de ce corps dans l'urine succèdent presque immédiatement à l'introduction d'indol dans la circulation porte, chez un animal qui ne faisait pas antérieurement d'indoxyle.

Séance du 13 Juin 1908.

MM. **Cl. Gautier** et **Ph. Russo** ont constaté la présence d'urobiline dans l'urine normale du lapin par la fluorescence verte avec les sels de zinc. — MM. **N. Vaschide** et **R. Meunier** montrent que la baisse de la pression sanguine chez les paralytiques généraux constitue un prodrome net de la mort. — M. **J. Mawas** a reconnu que les fibres zonulaires commencent avec les premières cellules de l'épithélium clair du corps ciliaire, immédiatement en avant de l'*ora serrata*; elles naissent de toute la surface de cet épithélium. — M. **M. de Kervily** a observé, chez le fœtus humain, que le développement des fibres élastiques, dans le cartilage des bronches, se fait aux dépens des élastoblastes et du protoplasma de cellules cartilagineuses élastogènes, et non par des grains extracellulaires. — MM. **O. Crouzon** et **G. Villaret** ont constaté, dans un cas de méningite, une élévation de la température axillaire et de la température rectale jusqu'à 43° à la période terminale et après la mort. — M. **A. Lécaillon** montre que la cicatricule des œufs non fécondés de la poule diffère, avant même la ponte de l'œuf, de celle des œufs fécondés; elle présente des vacuoles dans sa région périphérique, qui, en se développant, donnent naissance au réseau de Prévost et Dumas. — MM. **L. Rénon** et **A. Delille** ont étudié les effets des extraits d'hypophyse, de thyroïde, de surrénale et d'ovaire, en injections intra-péritonéales simples ou combinées chez le lapin. — Mlle **A. Drzewina** a constaté que la dessalure produit, chez la Raie et la Torpille, une désagrégation et une diminution de nombre des leucocytes du sang. — M. **A. Frouin** a reconnu que les émulsions d'huile d'olive possèdent une action antihémolytique marquée. — M. **P. Vuillemin** propose la création d'un groupe des Microsiphonées pour les champignons dont les filaments, continus et ramifiés, ont un calibre fin et assez uniforme. — MM. **N. Tchistovitch** et **V. Jourevitch** ont trouvé, dans la cavité abdominale du chien guéri de l'infection pneumococcique, des diplocoques vivants et virulents; les humeurs n'ont donc pas de propriétés bactéricides. — Mme **J. Bourguignon** a reconnu que l'argent colloïdal non stabilisé et non isotonique possède un pouvoir hémolytique égal à celui de l'eau distillée, tandis que l'électrargol n'est pas hémolytique. — M. **E. Brumpt** apporte de nouveaux faits à l'appui de l'hypothèse que les Hémoflagellés du sang des Vertébrés sont de vulgaires parasites intestinaux d'Invertébrés, inoculés fortuitement par ces derniers aux Vertébrés, au milieu sanguin desquels ils ont pu s'adapter. — MM. **Déléarde** et **A. Benoît** indiquent comment on doit appliquer leur méthode de recherche du sang par la phénolphtaline et H^2O^2 suivant le liquide à examiner. — M. **F. Lussana** a constaté que, seul, le sérum peut maintenir la force du cœur d'une façon durable. Le liquide de Ringer et ses modifications ne le peuvent pas quand le lavage a été complet. — MM. **H. Dominici** et **Barcat** ont étudié le processus histologique de la régression des tumeurs malignes sous l'influence du rayonnement γ du radium. A son action curative, le rayonnement joint une action préventive. — MM. **L. Bernard** et **Gougerot** montrent que la dissémination des bacilles joue le rôle principal dans le déterminisme des lésions bacillaires. — M. **M. Doyon** a constaté que la pilocarpine, injectée dans une veine mésaraïque, détermine en moins d'une heure une énorme diminution du glycogène du foie; l'action de la choline est insignifiante. — M. **E. Fauré-Frémiet** a étudié l'évolution de l'appareil mitochondrial dans l'œuf de *Julus terrestris*. — M. **S. Marbé** a reconnu que l'opothérapie thyroïdienne augmente le pouvoir opsonique du sérum des animaux; le chauffage à 56°, pendant une demi-heure, fait disparaître cette augmentation. — M. **H. Piéron** montre que les Actinies réagissent plutôt aux variations de l'agitation de l'eau qu'aux variations de la teneur en oxygène de leur mare, quoique dans les basses mers de nuit il y ait coïncidence avec une diminution d'O. — Mlle **P. Cernovodeanu** et M. **G. Stodel** ont constaté que le mercure colloïdal électrique possède un pouvoir antiseptique plus grand que le sublimé.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 4 juin 1908.

M. **V. Babes** signale l'existence de scléroses étendues avec hypertrophie du muscle cardiaque, d'une origine et d'une localisation très variées. — M. **J. Bruckner** n'a pu trouver d'adrénaline à aucun moment dans le sang des chiens thyroïdectomisés. — MM. **J. Bruckner** et **V. Jonnesco** ont constaté que la résistance globulaire, chez le chien, augmente rapidement après la thyroïdectomie totale, et, après une période d'état variable, diminue sans atteindre la normale. — M. **A. Popovici-Baznosanu** a rencontré, chez le *Megachile bombycina*, l'*Osmia bicornis* et l'*O. cornuta*, outre la nidification normale, des constructions qui consistent en simples barricades; parfois, ces barricades précèdent une cellule dépourvue totalement de provision de pollen. Elles sont ou bien des ouvrages de fin de ponte, ou bien des ouvrages de l'abeille stérile.

Digitized by Google

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 7 Mai 1908.

M. Terras montre que les apophyses costiformes sont d'autant plus développées que les articulations intervertébrales sont plus compliquées. — **M. G. Daumézon** a reconnu que les divers aspects que présentent les *Distoma tridentatum* correspondent non à des races ou variétés distinctes, mais à des formes saisonnières. — **M. C. Gerber** a observé que les acides homologues de la série grasse retardent à faible et moyenne doses et accélèrent à forte dose la caséification du lait cru par les présures végétales. Les acides bibasiques, comme H^2SO^4 et l'acide oxalique, présentent des particularités d'action suivant les présures. — **M. Corty** signale un cas d'absence congénitale de la queue chez un rat; la dissection montre qu'il y a eu arrêt de développement.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 27 Février 1908.

M. J. C. G. Ledingham : *L'influence de la température sur la phagocytose* : 1° Lorsque un sérum, des cocci et des leucocytes sont mélangés directement et incubés à des températures différentes, le nombre de cocci englobés s'accroît plus ou moins régulièrement avec la température. Cette méthode a montré que l'attaque phagocytique à 18° C. est seulement environ le 1/4 ou le 1/5 de celle à 37° C.; 2° Cette chute, du moins entre les températures de 37° C. et 18° C., est due à la diminution de rapidité de combinaison du sérum avec le coccus lorsque la température diminue; 3° Lorsque les cocci qui ont été auparavant exposés à l'action du sérum, soit à 37° C., soit à 18° C., sont mis en contact avec les leucocytes, l'attaque est pratiquement la même, que la phagocytose se produise à 37° ou à 18° C. En effet, le nombre de cocci englobés après la combinaison à 18° C. et plus spécialement à 7° C. se rapproche beaucoup du nombre de cocci englobés après combinaison à 37° C.; 4° Les résultats expérimentaux rapportés ci-dessus permettent de supposer qu'un contact prolongé d'un sérum avec des cocci à une basse température (18° C. ou 7° C.) amène une absorption maximum de l'opsonine par les cocci (correspondant à cette température), de sorte que la phagocytose subséquente est identique, qu'elle ait lieu à 37° C. ou à 18° C.; 5° Pourvu que les cocci chargés d'opsonine jusqu'à un certain maximum soient présentés aux leucocytes, l'énergie phagocytique de ces derniers est indépendante de la température dans un large intervalle; 6° D'après les apparences sur des lames colorées, il semblerait que des micro-organismes sensibilisés, exposés à l'action des leucocytes à de très basses températures, tendent à se réunir près de la périphérie des leucocytes, quoiqu'il ne puisse se produire qu'une phagocytose faible ou nulle. Par conséquent, dans un intervalle de température convenable, on peut supposer que l'inclusion des micro-organismes sensibilisés par les leucocytes est un effet de tension superficielle ayant lieu entre le coccus et la paroi protoplasmique, l'énergie amoeboïde jouant seulement un rôle subordonné dans le processus. — **MM. J. Lochhead** et **W. Cramer** : *Les variations du glycogène dans le placenta et le fœtus de lapine grosse.* Le placenta de la lapine possède la fonction de déposer du glycogène comme réservoir d'hydrates de carbone pour les besoins du fœtus. Le glycogène est absorbé du placenta maternel sous forme d'hydrate de carbone plus simple. La transformation a lieu dans le placenta et est provoquée par l'action d'une enzyme sécrétée par celui-ci. Dans les premiers stades de la vie intra-utérine, le foie fœtal est dépourvu de la propriété d'emmagasiner du glycogène; il ne l'acquiert que dans la dernière semaine de la gestation. Auparavant, le placenta remplit par délégation la fonction hépatique en ce qui concerne le glycogène. Le métabolisme glycogénique du placenta et du fœtus est indépendant de celui de la mère. La fonction du glycogène dans le développement du fœtus de lapin est probablement de fournir des matériaux : d'une part, pour le métabolisme hydrocarboné intense du fœtus; d'autre part, pour l'édification du protoplasme des tissus fœtaux. — **M. J. E. S. Moore** et **Mlle F. Tozer** : *Sur la maturation de l'œuf chez le cochon d'Inde.* Le développement de l'œuf se fait presque entièrement à l'intérieur de l'ovaire. Il est caractérisé par la présence d'un grand nombre de gemini et de chromosomes pendant la première et la seconde divisions polaires.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 22 Mai 1908.

M. F. P. Sexton donne une *explication des bandes colorées qu'on aperçoit en faisant tourner une toupie spectrale de Benham.* Les meilleurs effets sont obtenus en faisant tourner la toupie six fois sur elle-même par seconde et quand les couleurs à partir du centre sont le pourpre, l'orange sombre, le vert jaune et le bleu violet, la rotation ayant lieu en sens inverse des aiguilles d'une montre. L'effet observé dépend de la position des lignes de secteur et d'un contraste. Si l'on considère l'anneau intérieur, lorsque le noir disparaît, la première impression est celle de lignes noires sur fond rouge; mais l'impression rouge passe un peu au blanc quand les lignes de secteur disparaissent. Cette disparition donne elle-même une impression rouge renforcée par contraste. Finalement, la disparition du blanc donne une impression de bleu, non renforcée par contraste. Ainsi l'œil verra des lignes rouges sur fond blanc. Dans le cas du second anneau, les lignes de secteur venant en vue donnent une impression bleue, dépendant de la quantité de blanc précédente. Quand ces lignes disparaissent, elles sont suivies d'une impression rouge, dépendant de la quantité de blanc qui suit. Ces deux impressions se combinent pour donner un effet orange résultant. On explique de la même façon les autres anneaux. — **M. B. W. Clack** décrit une *nouvelle méthode de mesure du coefficient de diffusion.* L'appareil consiste en un flacon rempli d'une solution de sel et attaché au fléau d'une balance. Il porte un long tube vertical et le tout plonge dans l'eau distillée. Le sel diffuse à travers le tube vertical et le poids du flacon varie; on déduit le coefficient de diffusion de la vitesse de variation du poids. Par cette méthode, l'auteur a reconnu que les coefficients de diffusion de KCl et de NaCl diminuent lorsque la concentration de leur solution décroît; c'est l'inverse pour $KAzO^3$. Les coefficients de diffusion à 0° sont :

$KAzO^3$	à 10 %. . .	$0,844 \times 10^{-5}$	unités	C.G.S.
—	à 5 %. . .	0,870	—	—
KCl	à 20 %. . .	0,972	—	—
—	à 10 %. . .	0,954	—	—

— **M. B. S. Cohen** indique une *méthode pour produire de petits courants alternatifs de fréquence variable propres aux mesures téléphoniques et autres.* Elle utilise une forme d'interrupteur à fil vibrant qui ferme et ouvre un contact. Celui-ci est employé à insérer ou à retirer une source de potentiel d'un circuit de résonance accordé à une fréquence quelconque. Une série de trains d'onde amortis de fréquence quelconque peut être produite par ce moyen, les trains se suivant avec la fréquence des vibrations du fil.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 21 Mai 1908.

MM. A. W. Crossley et **Ch. Gilling**, en faisant réagir le malonate d'éthyle sur la 5-chloro-1 : 1-diméthyl-Δ^4-cyclohexénone-3, ont obtenu le 1 : 1-diméthyl-Δ^4-cyclohexène-3-one-5-acétate d'éthyle, Eb. 171° sous 22 mm. L'acide qui en résulte par hydrolyse perd aussitôt CO^2 pour former la 1 : 1 : 5-triméthyl-Δ^4-cy-

Digitized by Google

clohexénone-3, Eb. 108° sous 35 mm. — MM. **J. G. Rankin** et **S. M. Revington** montrent que le sulfure de silicium blanc de Berzélius est SiS^2, le sulfure orange de Colson SiS, le sulfoxyde de Colson SiSO; enfin, ils ont préparé un sulfoxyde $SiSO^2$. — M. **R. Threlfall** présente un petit appareil de laboratoire pour soumettre le carbone et d'autres substances à de hautes températures et pressions. Le graphite et le carbone amorphe, chauffés au point de fusion de la magnésie sous une pression de 100 tonnes par pouce carré, ne donnent par refroidissement que du graphite cristallisé. — Mlle **A. E. Smith** et M. **K. J. P. Orton** ont constaté que tous les acides forts, en petite quantité, agissent comme accélérateurs de l'acétylation, par l'anhydride acétique, des groupes aminés tels qu'ils sont présents dans les anilines avec deux groupes négatifs en ortho. — M. **Al. T. Cameron** et Sir **W. Ramsay** poursuivent l'étude de l'action chimique de l'émanation du radium. CO^2 est décomposé en C, O et CO; CO est décomposé en C, O et CO^2. L'ammoniaque, HCl sont décomposés en leurs éléments. La quantité décomposée dans un temps donné est strictement proportionnelle à la quantité d'émanation désintégrée dans le même temps. — Les mêmes auteurs confirment que l'émanation du radium en présence d'eau donne naissance à du néon; celui-ci a été identifié par son spectre. — M. **H. J. H. Fenton** a constaté que l'acide dihydroxymaléique réagit à froid en solution diluée avec Ti tétravalent en donnant une coloration rouge brun intense; en solution concentrée, il se dépose un précipité chocolat, $C^4H^4O^6.2TiO^2.2,5H^2O$, agissant comme un acide et donnant avec les alcalis des sels oranges. — MM. **T. S. Price** et **L. M. Jones**, en faisant réagir le sélénosulfate de sodium sur le chlorure de benzyle, ont obtenu le diséléniure de dibenzyle $(C^6H^4.CH^2.Se)^2$, avec dégagement de SO^2. — M. **S. E. Sheppard** a étudié les propriétés optiques et sensibilisantes pour les plaques au gélatinobromure des couleurs du groupe de l'isocyanine. Dans un groupe de couleurs de constitution chimique similaire, l'activité photo-chimique est proportionnelle à la rapidité de décoloration à la lumière. — MM. **T. S. Patterson** et **A. Mc Millan** ont appliqué leur méthode polarimétrique pour l'étude du réarrangement moléculaire dans les substances inactives à la mesure des vitesses d'inversion d'un certain nombre de corps. — M. **W. R. Dunstan** montre que le « cyanure antiseptique » introduit en chirurgie par Lister répond en réalité à la formule $Zn^2Hg(CAz)^6$, tout en subissant une légère décomposition par l'eau durant sa préparation. — M. **J. L. Simonsen**, en faisant réagir l'éthoxyméthylène-malonate d'éthyle sur le sodacéto-acétate d'éthyle, a obtenu le 6-méthyl-2-pyrone-3 : 5-dicarboxylate d'éthyle. Ce dernier réagit avec AzH^3 pour former le 6-hydroxy-2-méthylpyridine-3:5-dicarboxylate d'éthyle et d'ammonium, que l'hydrolyse par KOH transforme en acide correspondant. — MM. **G. Young** et **A. E. Dunstan** ont refait l'étude de l'anilinobenzoxazol et de l'anilinodihydrobenzoxazol; ils confirment la constitution du premier, mais pensent que son isomère supposé est une carbanilide. — M. **W. C. Ball** a décomposé le dichromate d'ammonium à 185°-205°; il se dégage Az, H^2O et AzH^3 et le résidu final a la composition $3\ CrO^3.H^2O$. Intermédiairement, on peut isoler une substance noire $2CrO^3.Cr^2O^3.\ 2AzH^3.H^2O$. Le chromate et le bichromate se décomposent de la même façon.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 13 Février 1908.

M. **E. A. Lewis** étudie le rôle du chimiste dans les industries du cuivre et du bronze, et montre le grand intérêt qu'il y aurait à introduire l'usage des méthodes scientifiques dans toutes les usines.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 8 Avril 1908.

MM. **W. Gemmel** et **S. L. Archbutt** proposent une *nouvelle méthode de détermination du phosphore dans l'étain phosphoreux*. Le métal est décomposé par HCl; tout le phosphore se dégage à l'état d'hydrures. Ceux-ci sont absorbés dans l'eau de brome, qui les convertit en acide phosphorique, lequel est précipité à l'état de pyrophosphate magnésien. — M. **J. S. Studer** décrit un *dispositif destiné à faciliter l'emploi des pipettes de Hempel*. Il consiste à les fixer radialement sur un disque circulaire; en faisant tourner celui-ci, chaque pipette vient successivement occuper la même position en face de la burette contenant les gaz à examiner.

SECTION DE LONDRES

Séance du 4 Mai 1908.

M. **G. T. Morgan** étudie la *fabrication du nitrite de soude*. On le prépare : 1° aux dépens du nitrate de soude : *a*) par décomposition thermique (ce procédé n'a qu'un intérêt théorique); *b*) par réduction avec les métaux (le plomb est surtout employé; il se forme du nitrite et du plombite de soude et des oxydes de plomb); *c*) par réduction avec les métalloïdes (par exemple le soufre, d'après l'équation : $3\ NaAzO^3 + S + 2\ NaOH = 3\ NaAzO^2 + Na^2SO^4 + H^2O$); *d*) par réduction avec les sulfures métalliques; 2° aux dépens des gaz nitreux, en les absorbant dans une solution alcaline de nitrite de soude provenant d'une opération antérieure : on pourra ainsi utiliser l'azote atmosphérique; 3° aux dépens du nitrate de calcium, par réduction avec le sulfure ou le sulfite de sodium : il se forme du nitrite de soude et du sulfate de calcium. — M. **E. Linder** a étudié *l'emploi du jaune de métanile comme indicateur sélectif de la présence d'acides minéraux*. Le jaune de métanile est le sel de Na de l'acide azodiphényl-amine-m-benzène-sulfonique. Un papier imprégné de ce colorant et bien sec donne une belle coloration violette lorsqu'il est exposé aux vapeurs d'un acide minéral, l'acide acétique, le chlore, H^2S, les oxydes d'azote ne donnant pas de réaction. Par ce moyen, on peut reconnaître la présence d'acides minéraux dans les mélanges gazeux, dans le vinaigre falsifié, etc. — M. **J. Lewkowitsch** poursuit ses recherches sur la *conversion de l'acide oléique en une substance servant à la fabrication des bougies*. L'auteur étudie les procédés actuels de réduction de l'acide oléique en acide stéarique, basés sur l'action de l'acide sulfurique, sur la réduction électrolytique, et il annonce la mise au point technique d'un nouveau procédé, basé sur la méthode de Sabatier et Senderens (réduction par l'hydrogène en présence d'un métal réduit); ce procédé a donné un rendement presque théorique.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 3 Avril 1908.

MM. **R. Ross** et **J. P. Leather** décrivent un nouvel appareil pour l'analyse des gaz, formé d'un ballon de mesure entouré d'une chemise d'eau. Il est pourvu d'un robinet à trois voies, relié par un tube flexible à un réservoir à mercure et à un tube gradué de 800 mm.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 5 Mars 1908.

M. **Auwers** rend compte de la suite de ses rédactions des anciennes observations de Bradley. Depuis l'année dernière, il a réuni les résultats individuels des observations faites avec l'instrument de passage, pour les dernières douze heures d'ascension droite, en formant complètement les endroits moyens pour 1745,0, à l'exclusion de quelques jours laissés à part provisoirement, et en revoyant toutes les observations présentant des divergences un peu plus marquées. Il s'est ensuite mis à rédiger les observations de quadrant et en pre-

Digitized by Google

mière ligne les passages, dont il a déduit, pour l'ensemble de la série 1743-1753, les ascensions droites apparentes approchées, affectées des erreurs du limbe, et d'une façon analogue pour 1745,0, jusqu'au 29 août 1744, en déterminant jusqu'à ce point les erreurs du limbe, en première approximation, par une comparaison complète des observations avec le catalogue de 1755. Ces erreurs, qui se trouvent être très considérables, se déterminent pour l'arc entier, du zénith jusqu'à proximité de l'horizon méridional, avec une sûreté suffisante pour permettre d'espérer de bons résultats aussi pour les ascensions droites déterminées par des observations de quadrant. — Le même auteur présente une liste, établie par le Dr **Ristenpart**, de mouvements propres considérables constatés pendant la rédaction de « l'Histoire du Ciel des Etoiles fixes ». Depuis le milieu de l'année dernière, on s'occupe de réduire l'ensemble des lieux d'étoiles à l'équateur de 1875, d'abord pour les étoiles se trouvant au nord de l'équateur, et ce pour les trois premières heures d'ascension droite. Les nouveaux mouvements propres découverts à ce propos ont été, à titre provisoire, déterminés approximativement. L'auteur les communique en même temps que les valeurs plus considérables autrefois trouvées pour les heures suivantes et pour les étoiles méridionales, dans une liste de 174 objets destinée à engager les astronomes à continuer ces déterminations. — M. **Branca** rend un compte préliminaire des résultats de l'expédition Trinil, organisée par la Fondation jubilaire de la ville de Berlin. Cette expédition, conduite par Mme Selenka, vient de ramener à Berlin les richesses paléontologiques, si considérables des couches du *Pithecanthropus*. L'étude de cette faune fossile pourra seule nous renseigner d'une façon exacte sur ses relations avec les faunes actuelle et néo-tertiaire. Citons, parmi les objets les plus remarquables, une dent de singe, peut-être anthropomorphe, et une dent d'homme, fossiles toutes les deux. On a également trouvé, dans ces couches, de prétendues traces d'activité humaine, mais dont la réalité n'a pas encore été absolument établie. L'âge géologique de la couche du *Pithecanthropus* serait, suivant ces déterminations paléontologiques, celui de l'époque diluviale, les Mollusques d'eau douce trouvés dans la couche appartenant tous à des espèces encore existantes.

Séance du 12 Mars 1908.

M. I. **Munk** présente un Mémoire relatif aux fonctions du cervelet. Les conséquences opératoires qu'entraîne l'extirpation d'autres parties du système nerveux central se manifestent par des perturbations rapidement décroissantes à mesure qu'on s'éloigne de la partie intéressée. Or, dans le cas du cervelet, on ne constate point de perturbations fonctionnelles, ce centre nerveux étant évidemment une annexe indépendante du reste du système nerveux central, avec lequel il ne communique que par ses tiges. Comme le font voir les recherches antérieures de l'auteur, la susceptibilité des centres moteurs subordonnés au cervelet, dans la région de la colonne vertébrale et des extrémités, présente une réduction considérable d'abord, mais qui va en diminuant jusqu'à atteindre les proportions très faibles dans lesquelles elle serait la conséquence de la perte du cervelet. Dans la présente note, l'auteur constate que le cervelet est un appareil moteur nerveux de l'animal par lequel les centres moelleux et musculaires de la colonne vertébrale, d'une part, des extrémités, de l'autre, sont mis en communication, de façon à occasionner des mouvements d'ensemble involontaires et inconsciemment utiles de la colonne vertébrale et des extrémités, et notamment le réglage de l'équilibre dans les attitudes et mouvements ordinaires de l'animal. ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances d'Avril et Mai 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **G. Morera** : Sur la fonction potentielle d'une double couche ellipsoïdique. — M. **G. A. Maggi** : Sur les déplacements élastiques continus. — M. **E. Pascal** : Sur quelques classes d'équations de Riccati intégrables avec une quadrature seulement, lorsqu'on en connaît une seule intégrale particulière. — M. **H. Young** : Sur deux fonctions à plusieurs valeurs constituées par les limites d'une variable réelle à droite et à gauche de chaque point. — M. **L. Orlando** s'occupe des équations différentielles linéaires, et montre comment l'intégration d'une de ces équations peut se réduire à la résolution bien connue d'une équation intégrale du type de Volterra. — M. **G. Fubini** : Applications du calcul des variations aux équations différentielles qui ne coïncident pas avec les équations adjointes. — M. **M. Fujiwara** : Sur les nouveaux nombres de M. Pascal. — M. **E. Bianchi** donne l'orbite corrigée de (521) Brixia, sur les quatre premières oppositions. — M. **G. Zappa** fait l'étude complète de la petite planète (472) Rome. — Dans une autre communication, M. Zappa donne une explication du phénomène des halos, rapporté à la déviation minima avec réflexions internes dans les cristaux qui se trouveraient à la place des gouttes d'eau, dans les halos généralement de couleur blanche observés dans les mers polaires, selon les hypothèses de Brandes et Pernter.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **U. Cisotti** s'occupe de la loi qui doit régir le phénomène de magnétisation des corps, et il arrive à des résultats généraux dont il fait l'application à des cas concrets. — MM. **A. Battelli** et **L. Magri** ont fait l'examen spectroscopique de l'irradiation lumineuse de l'étincelle électrique, associant au spectroscope un miroir en rotation; ils donnent les résultats de leurs observations sur des étincelles de 3 à 4 centimètres de longueur, qui jaillissaient entre deux électrodes de magnésium, et présentent les photographies des phénomènes lumineux observés. — M. **O. M. Corbino** s'occupe du phénomène de Zeeman et du second principe de la Thermodynamique. — M. **L. Tieri** étudie l'action des ondes électromagnétiques sur le cycle d'hystérèse magnéto-élastique, quand le fil de fer est soumis à une magnétisation longitudinale. — M. **L. Amaduzzi** s'occupe du pouvoir émissif en relation avec l'éclairement du sélénium cristallisé. — MM. **E. Paterno** et **A. Mieli** décrivent quelques déterminations de densité des solutions de triméthylcarbinol et phénol. — MM. **G. Körner** et **A. Contardi** : Action du brome et de l'hypobromite sodique sur la métanitroaniline et sur quelques métanitroanilines halogénées. — MM. **A. Angeli** et **G. Marchetti** : Sur une transformation du diméthylphénol. — M. **A. Barbieri** transmet une étude des éléments des terres rares, comparés avec les éléments plus communs qui paraissent les plus rapprochés des premiers. — MM. **F. C. Palazzo** et **F. Maggiacomo** examinent et discutent la formule de constitution de l'acide phosphoreux. — M. **A. Piutti** s'occupe des dérivés maléiniques et fumariques des *p*-aminophénols.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **C. de Stefani** considère quelques charriages supposés en Italie, et examine les terrains du Monte Pisano, qu'il reconnaît se trouver en place. — M. **C. Viola** donne des notices cristallographiques sur quelques minéraux italiens : la barytine de Roccheggiano, dans la province de Grosseto, et le gypse des Cetine de Cortoniano, dans la province de Sienne. — M. **G. de Angelis d'Ossat** a fait de nombreuses recherches sur les terrains de la Campagne romaine, dans le but d'établir la position des terrains de transport dans la vallée du Tibre et d'en donner la composition. — M. **A. Ghigi**, qui avait déjà obtenu plusieurs hybrides entre espèces et genres différents de faisans, examine quelques faits relatifs à l'hérédité des caractères chez ces hybrides et dans d'autres croisements. — M. **A. Negri** donne la description des particularités qu'il a observées dans les prétendues « spores » de quelques Sarcosporides, et s'occupe en outre de la possibilité d'obtenir l'infection expérimentale par les Sarcosporides chez différentes espèces de Mammifères.

Digitized by Google

— **M. U. Cerletti** décrit les expériences qu'il a faites pour déterminer les effets des injections de suc d'hypophyse et d'autres sucs organiques sur la croissance somatique, en opérant sur les chiens, les lapins, les agneaux et les cobayes. — **M. C. Basile** expose des observations critiques à propos des recherches de M. Russo relatives à l'influence de la lécithine sur la détermination du sexe et sur les caractères mendéliens. — **M. R. Perotti** décrit des expériences qu'il a exécutées pour mieux connaître les facteurs naturels de la solubilisation des phosphates tricalciques dans le terrain agraire; dans ces expériences, en ajoutant à des cultures de microorganismes, en présence de phosphate tricalcique, des substances azotées de différente nature, on obtenait une solubilité notable de l'anhydride phosphorique avec les sels physiologiquement acides, et très faible avec les sels physiologiquement alcalins. — **M. C. Grimaldi** énumère les hybridations qu'il a réussi à obtenir avec des ceps de différentes variétés de vigne, et parle des procédés suivis et des résultats obtenus. — **M. M. Puglisi** apporte une nouvelle contribution à l'étude de la transpiration des plantes à feuilles persistantes. — **M. S. Baglioni** démontre, à l'aide de nombreuses expériences, que l'alimentation exclusive par le maïs et pour un temps prolongé produit sur l'organisme animal une action dangereuse, par l'effet d'une substance protéique, la zeïne ou fibrine végétale.

ERNESTO MANCINI.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 14 Mai 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. G. Majcen** : Sur une représentation de la surface générale du 3e ordre et sur quelques propriétés qui s'en déduisent des courbes planes rationnelles de 3e et 4e ordres.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. E. R. von Schweidler** déduit de la théorie des ions une formule pour la répartition de l'intensité du champ et du nombre des ions dans les couches inférieures de l'atmosphère. Par suite de l'action du champ terrestre, il se produit une « couche de perturbation » reposant sur le sol, dans laquelle la chute de potentiel et le nombre d'ions varient d'abord rapidement avec la hauteur, puis s'approchent asymptotiquement d'une valeur constante; cette couche est d'autant plus haute que la chute de potentiel au sol est plus forte. — **M. K. Pribram** a mesuré la mobilité des ions dans les vapeurs d'eau, d'alcools méthylique et éthylique, etc. La grandeur des ions qu'on en déduit concorde avec les résultats des essais de condensation. — **M. G. Mossler** a étudié la décomposition du chloroforme par les lessives alcalines alcooliques. Il se forme CO,C^2H^4 et H.COOH. Le rapport $CO:C^2H^4$ est toujours égal à 3. L'acide formique ne prédomine pas sur CO, comme c'est le cas en solution aqueuse. L'auteur suppose qu'il se forme intermédiairement un corps CCl^2, hypothèse qui est confirmée par le fait que l'action d'un mélange de vapeur de chloroforme et d'air sur un alcali caustique donne naissance à du phosgène $COCl^2$. — Le même auteur a étudié la décomposition de l'alcool trichlorisopropylique par les lessives alcalines aqueuses et alcooliques. Les premières donnent à la température ordinaire 90 °/₀ de CO et de CH^3CHO, avec un peu d'acides formique et lactique. Les secondes donnent les mêmes produits, moins CO. Dans cette décomposition, il n'y a pas formation intermédiaire de chloroforme, mais plutôt de $CH^3C(OH):CCl^2$, puis de $CH^3C(OH):CO$. — **M. M. Kohn**, par action de CAzK et d'AzH^4Cl, du chlorhydrate de méthylamine et du chlorhydrate de diméthylamine sur l'alcool de la diacétone, a obtenu des oxyaminonitriles qui, saponifiés, fournissent trois aminolactones $C^7H^{13}O^2Az$, $C^8H^{15}O^2Az$ et $C^9H^{17}O^2Az$. — **MM. M. Kohn** et **O. Morgenstern**, par réduction de l'oxime de la méthyldiacétonamine avec Na et l'alcool, ont obtenu le 2-méthylamino-4-amino-2-méthylpentane. — **MM. S. Zeisel** et **B. von Bitto** ont trouvé, parmi les produits de condensation de l'acétaldéhyde sous l'influence de l'acétate de soude, outre l'aldéhyde crotonique, deux aldéhydes isomères C^4H^6O, qui sont deux fois non saturés, et un aldéhyde $C^{10}H^{14}O^2$ ressemblant au β-méthylfurfurol. — **MM. R. Wegscheider** et **H. Gehringer** ont étudié l'éthérification des acides bibasiques non symétriques par le diazométhane; elle fournit surtout l'éther neutre, avec un peu d'acide inaltéré et d'éthers acides. — **M. R. Wegscheider** montre que, dans l'acide phtalonique, le carboxyle le plus fortement acide est celui qui a le moindre empêchement stérique. — Le même auteur a déterminé le point de fusion et la forme cristalline du 3-nitrophtalate acide de méthyle. — **MM. R. Wegscheider** et **P. von Rusnov** montrent que, dans l'acide nitrohémipinique, le carboxyle qui, dans l'acide hémipinique, est le plus fortement acide et subit le plus grand empêchement stérique est devenu le moins acide et possède le moindre empêchement stérique. — **MM. R. Wegscheider** et **H. Strauch** étudient l'isomérie des éthers acides de l'acide nitrohémipinique. — **M. M. Kohn**, par action de CAzK et d'AzH^4Cl, $CH^3AzH^2.HCl$, $(CH^3)^2AzH.HCl$ sur la méthyldiacétonamine, puis saponification des diaminonitriles formés, a obtenu trois corps basiques $C^8H^{16}OAz^2$, $C^9H^{18}OAz^2$ et $C^{10}H^{20}OAz^2$, qui sont des dérivés de l'aminopyrrolidone.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. E. Zuckerkandl** a observé chez le *Myopotamus coypus* un simple ligament à la place du muscle ischio-caudal, tandis que le muscle spinoso-caudal persiste. — **M. K. Toldt** jun. a étudié les Chéiroptères rapportés du Brésil par l'Expédition envoyée par l'Académie; il a trouvé une espèce nouvelle de Glossophagine. Il montre l'importance de l'étude microscopique des poils pour la systématique de ce groupe. — **M. F. Steindachner** décrit deux nouvelles espèces de poissons, trouvées dans le bassin du Rio San Francisco : le *Racboides francisci* et l'*Engraulis vaillanti*. — **M. H. von Guttenberg** a constaté que les antennes des fleurs mâles des diverses espèces de *Catasetum* possèdent des dispositifs favorisant la perception des excitations. — **M. H. Kirchmayr** a observé que les nectaires, limitées aux feuilles supérieures chez quelques Mélampyres, se trouvent sur toutes les feuilles chez le *M. pratense*. Elles résultent de la division deux fois répétée d'une cellule protodermique, ce qui donne naissance à trois étages. Elles dérivent d'hydathodes perfectionnées par changement de fonction (sécrétion de sucre). — **MM. L. Hauptmann** et **F. Heritsch** donnent un aperçu de l'extension des glaciers du groupe du Bösenstein pendant les périodes glacières. — **M. F. Heritsch** a étudié le tremblement de terre du Murztal du 1er mai 1885. Il a présenté deux épicentres : un très fort à Kindberg, un plus faible à Leoben. Les mouvements du sol se sont éteints subitement au passage des régions plissées aux plaines pour reprendre de nouveau dans les montagnes. Il y a eu peu de secousses préliminaires, tandis qu'il y a eu plus de cinquante secousses secondaires qui ont duré jusqu'en octobre 1905. — **M. A. Defant** a observé les seiches du lac de Garde à Riva. L'oscillation fondamentale est une seiche de 42,92 minutes de durée d'oscillation; on a trouvé d'autres oscillations supérieures de 28,58, 21,79, 14,96, 12,07, 9,88, 8,80, 7,33 et 3,06 minutes de durée. Il y a concordance entre les observations et les résultats déduits de la théorie hydrodynamique des seiches de Chrystall.

L. BRUNET.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 14 30 JUILLET 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Election d'un Secrétaire perpétuel à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans l'une de ses dernières séances, l'Académie des Sciences de Paris a procédé à l'élection d'un Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, en remplacement de M. A. de Lapparent. Au premier tour de scrutin, M. Henri Becquerel a été élu par 49 voix sur 51 votants. La *Revue* exprime ici à l'éminent savant toutes ses félicitations pour la haute distinction dont il vient d'être l'objet.

§ 2. — Mathématiques

La théorie du potentiel et la « distribution fondamentale ». Le dernier théorème de Fermat. — Pendant que l'étude du problème de Dirichlet et des questions analogues se poursuit à l'aide de la puissante méthode que l'on doit à M. Fredholm, c'est une chose remarquable que de voir se réaliser un progrès des plus notables dans la théorie considérée de son point de vue primitif, celui qui avait déjà amené C. Neumann à une première forme de la solution.

C'est d'ailleurs à C. Neumann lui-même qu'il faut faire remonter l'origine de la nouvelle découverte. C'est de sa bouche que M. R. Neumann en a recueilli le principe, qu'il développe dans les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*[1]. Elle consiste en une relation inattendue établie entre la solution du problème pour le domaine intérieur à une surface et la solution du même problème pour le domaine extérieur correspondant. On constate, en effet, que les deux résolutions se ramènent à un calcul unique, celui de la « Grundbelegung » (distribution fondamentale).

Outre qu'il existe des domaines pour lesquels, jusqu'ici, la solution du problème intérieur était connue et celle du problème extérieur inconnue, un pareil résultat offre une importance théorique qui n'échappera à personne.

[1] T. XXIV, p. 333; 1907. C. Neumann a d'ailleurs lui-même donné une exposition de ses idées en 1906 (*Berichte der Sächs. Gesellsch.*).

Frappée de l'intérêt qu'il présente, la Société Jablonowski, à Leipzig, a mis cette question au concours pour le prix qu'elle décernera en 1910.

Nous saisirons cette occasion pour rappeler qu'un autre prix, d'une valeur élevée (100.000 marks), a été proposé et sera décerné par une Commission de professeurs de l'Université de Gottingue à celui qui arrivera à démontrer d'une manière complète le dernier théorème de Fermat[1] : Impossibilité, en nombres entiers, de l'équation $x^m + y^m = z^m$.

L'Arithmétique supérieure est, on le sait, la branche des Mathématiques qui compte le moins d'adeptes parmi les savants français. Peut-être la résolution de cette belle et difficile question offrira-t-elle à quelqu'un de nos compatriotes l'occasion de reprendre la tradition trop longtemps oubliée des Legendre, des Liouville et des Hermite, et de donner à notre Ecole mathématique française, sur le terrain arithmétique, l'éclat qu'elle a sur tant d'autres domaines.

§ 3. — Astronomie

Sur la rotation de Vénus. — La Note sur la planète Vénus que M. l'abbé Moreux a publiée dans le numéro de la *Revue* du 15 juin dernier me suggère l'idée de revenir sur le résultat des recherches que j'ai entreprises en 1892 en vue de savoir si la lumière réfléchie par la planète est polarisée[2], ainsi que sur les conséquences qui en dérivent.

Au sujet de la polarisation, l'observation fut tout à fait concluante; on n'en put déceler la moindre trace, soit au photopolarimètre de Cornu, soit à l'oculaire

[1] On sait que cette question, qui admet une infinité de solutions pour $m = 2$, est, au contraire, impossible pour $m > 2$ (si l'on spécifie, bien entendu, que les entiers x, y, z doivent être tous trois différents de zéro). Du moins, ce théorème, énoncé par Fermat sans démonstration, a été démontré par Kummer pour une catégorie très étendue de valeurs de l'entier m. La démonstration de Kummer est très savante et très délicate : c'est pour l'établir qu'il a introduit sa célèbre conception des *idéaux*. La question mise au concours consiste à étendre le théorème aux valeurs m qui échappent à l'analyse de Kummer.

[2] *C. R. Acad. des Sc.*, t. CXIV.

Digitized by Google

polariscopique à lame de quartz, ce qui prouve bien que Vénus se montre toujours enveloppée d'une atmosphère nuageuse, sauf peut-être les extrémités du croissant, dont l'extraordinaire blancheur semble dénoter qu'il s'agit là de véritables neiges polaires.

Le volume et la densité moyenne de Vénus différant peu de ceux de la Terre, et sa distance au Soleil étant plus petite, il s'ensuit que son évolution géologique doit être en retard sur celle de notre globe, déduction qui s'affermit en ayant égard aux raisons que j'ai exposées dans *Le problème cosmogonique*[1] pour faire voir jusqu'à quel point les matériaux dont se compose le globe de Vénus sont analogues à ceux de la Terre. Tout porte donc à penser que, à l'heure présente, ce monde lointain doit offrir un aspect semblable à celui de notre globe à l'époque carbonifère, au cours de laquelle les glaciers s'établirent sur les hautes cimes, dans le Karoo sud-africain, dans le Gondwana hindou, en Australie et probablement dans le bassin franco-belge. L'époque carbonifère vénusienne aurait donc aussi ses glaciers polaires.

Dans cette hypothèse, l'œil humain ne parviendrait jamais à découvrir le sol vénusien, plusieurs milliers de siècles devant s'écouler avant que l'atmosphère de l'astre soit assez débarrassée de nuages. Aucun espoir, donc, d'observer un accident de ce sol, dont le retour au même point de l'espace permettrait de déterminer la durée de rotation de la planète. Quant aux rares taches sombres que l'on y observe de temps à autre, il est évident que, en vertu de leur nature estompée et fugitive, elles se prêtent mal à une détermination rigoureuse.

Le problème ne saurait donc trouver de solution rationnelle que du côté de l'analyse spectrale, par l'observation du bord équatorial du croissant à l'Est du Soleil, du bord opposé à l'Ouest, en prenant pour repère une raie spectrale fixe, et en tenant compte de la vitesse orbitale. La méthode imaginée par M. Bosler permet aussi de s'attendre à un résultat satisfaisant.

J.-J. Landerer,
à Tortose (Espagne).

Une comète mystérieuse. — La comète d'Encke, dont la période est de trois ans un tiers et qui revient cette année à son périhélie, passait pour avoir été retrouvée le 2 janvier dernier à l'Observatoire d'Heidelberg, par M. Max Wolf. Une petite comète avait été saisie par la photographie, en effet, non loin de la position indiquée par le calcul. Mais, à mesure qu'on l'observa, on put constater qu'elle s'éloignait de plus en plus de l'orbite calculée de la comète d'Encke. Celle-ci a une faible distance périhélique ; l'inconnue, au contraire, a un périhélie situé à quatre unités astronomiques, à quatre fois la distance de la Terre au Soleil. Ce ne peut donc être non plus un fragment de la comète d'Encke, que l'on a supposé un instant avoir pu s'être divisée en deux, comme jadis la comète de Biéla.

L'astre observé à Heidelberg, et qui porte le nom de comète 1908 *a*, n'a rien de commun avec la comète d'Encke.

Celle-ci a été retrouvée, à l'Observatoire du Cap de Bonne-Espérance, le 27 mai dernier, par M. Woodgate, par 2 h. 59 m. d'ascension droite et 7°29' de déclinaison sud. Elle n'est pas observable de nos latitudes. La différence avec la position donnée par l'éphéméride est de $+5^m22^s$ et $-33'$.

§ 4. — Art de l'Ingénieur

La Fondation Carl Zeiss. — Nous recevons de M. Bernard Brunhes la lettre qui suit :

« Mon cher Directeur,

« Le très intéressant article de M. Rousset, paru dans la *Revue* du 30 mai 1908, sur l'*organisation de l'Industrie chimique en Allemagne*, rappelle l'attention sur la campagne que, depuis 1899, la *Revue générale des Sciences* n'a cessé de mener — et non sans succès — en faveur d'une coordination toujours plus étroite de la science et de la pratique industrielle : « geordnetes Zusammenwirken von Wissenschaft und technischer Kunst », comme il est dit dans le « Statut de la Fondation Carl Zeiss ». Précisément à cette même époque, 1899, ont paru en Allemagne une série de documents très intéressants, au nombre desquels un article de Julius Vierstorff, professeur ordinaire d'Economie politique à l'Université d'Iéna, sur « la Fondation Carl Zeiss comme tentative de codification du régime du travail dans la grande industrie »; cet article commentait le « Statut de la Fondation Carl Zeiss » et donnait, sur l'origine et le développement de la célèbre fabrique de verres d'optique, des renseignements très suggestifs.

« Gagné d'avance aux idées que la *Revue* n'a cessé de préconiser, et que je défends, depuis bientôt quinze ans, en toute occasion, j'en pris prétexte pour faire à Dijon, où j'étais alors, une conférence, dont les conclusions sont en trop étroite harmonie avec les enseignements que vos collaborateurs ont déduits de l'étude de l'industrie chimique pour que je résiste à la tentation d'y emprunter quelques traits caractéristiques de cette histoire de la maison Zeiss.

« Carl Zeiss était un ouvrier mécanicien qui, en 1846, à l'âge de trente ans, ouvrait à Iéna un petit atelier de mécanique destiné à la réparation des appareils de Physique des collections de l'Université. Il fréquenta les cours de l'Université, apprit les Mathématiques et les Sciences naturelles. Sur les conseils du professeur de botanique Schleiden et de son assistant Schacht, il étudia le perfectionnement des appareils d'Optique et spécialement des microscopes. A quarante ans, Zeiss n'avait encore fait que des loupes en verre à vitre; il se mit à fabriquer des microscopes; en 1866, il en faisait déjà de fort bons, assisté d'une vingtaine d'ouvriers. Mais il avait une idée fixe : *rendre le succès indépendant de l'adresse personnelle des individus* « von dem rein individuellen Geschick einzelner Personen, auf dem bisher die Erfolge in diesem Produktionsweige ausschliesslich beruhten, unabhängig machen ».

« Je cite cette phrase, parce qu'elle me semble jeter un jour singulier sur une différence de psychologie nationale. L'ouvrier français, l'ouvrier parisien, est parfois un incomparable artiste. Cornu remarquait justement que l'histoire de la Physique associe souvent au nom d'un savant illustre celui de l'habile constructeur qui a été son collaborateur précieux. Mais, de la part d'un constructeur qui travaille lui-même et qui se sent exceptionnellement adroit, le souci de reléguer au second plan l'habileté manuelle est bien une idée qui a plus de chance de germer en Allemagne qu'en France.

« Zeiss alla plus loin. Il ne tarda pas à soupçonner l'insuffisance de la théorie élémentaire des instruments d'Optique; et alors, cet ouvrier mécanicien, âgé de cinquante-neuf ans, associe à sa fabrique de microscopes un physicien-mathématicien, Abbe, assistant de Physique de l'Université d'Iéna. Il le charge d'étudier une théorie plus rigoureuse de la marche de la lumière dans les instruments d'Optique. Le succès n'est pas venu immédiatement : il ne s'agit pas là d'une brillante invention faite en un jour; il s'agit d'une œuvre doctrinale de longue haleine, entreprise et menée à bien avant qu'on fût fixé d'une façon nette sur le parti pratique qu'il serait possible d'en tirer.

« Des calculs de Abbe il résultait que les genres de verre théoriquement les meilleurs à employer pour la fabrication des objectifs de microscopes seraient certains verres d'Optique ayant des qualités de réfringence et de dispersion déterminées. C'est pour construire ces verres, qui n'existaient pas encore, que Abbe s'associe maintenant avec le chimiste Schott, et que l'Etat prussien attribue au Laboratoire de verrerie à

[1] *Bull. Soc. Astr. de France*, mai 1902.

Digitized by Google

fonder une subvention annuelle de 30.000 marks, à laquelle l'usine renonce d'ailleurs spontanément au bout de deux ans. Les diverses espèces de verre d'Iéna une fois créées, on en a fait des thermomètres en verre dur, puis des objectifs de microscopes et des objectifs photographiques, sur lesquels ce n'est pas le lieu d'insister.

« La publication du Professeur Vierstorff n'avait pas pour but principal de rappeler l'historique qui précède. Elle étudiait avant tout la « Carl Zeiss Stiftung », la Fondation Carl Zeiss. Les fondateurs, Zeiss et Abbe, ont eu le dessein d'assurer, après eux, la permanence des principes économiques qui ont, dès l'origine, maintenu la bonne harmonie entre directeurs et ouvriers; et, pour y parvenir, Abbe, qui a rédigé les statuts, indique expressément qu'on ne s'est pas proposé comme but une œuvre philanthropique, mais qu'on a prétendu faire œuvre d'organisation sociale et de codification du droit industriel. On a donc établi les règles qui devront, dans l'avenir, présider au fonctionnement de l'usine, devenue propriété de la « Fondation » : réglementation de l'apprentissage, qui doit avoir pour but unique la formation de nouveaux ouvriers, et jamais la réalisation d'une économie sur la main-d'œuvre; réglementation du travail des femmes, employées à certains travaux minutieux et délicats, mais qui ne doivent jamais être employées à des travaux dont l'homme est capable et à seule fin de leur payer le même travail à un prix inférieur; établissement de conseils d'usine élus, auxquels sont soumis les règlements d'atelier; fixation d'une *indemnité de renvoi*, à laquelle a droit tout ouvrier qui a passé dans la maison un temps suffisant, lorsque la direction se sépare de lui pour des raisons qui ne constituent pas de sa part une faute professionnelle grave.

« Il m'avait paru intéressant de signaler ces articles du « Statut », pour marquer incidemment que c'est donner une raison tout au moins insuffisante de la lenteur relative du développement de notre industrie, comparée à celle de certaines nations voisines, que de l'attribuer, comme on le fait parfois, à nos lois sociales. Quelque justifiées que soient les critiques adressées à certaines de ces lois, on ne peut dire que, dans son ensemble, notre législation industrielle soit plus rigoureuse que celle de l'Allemagne, où nous ne voyons pourtant pas qu'elle paralyse l'industrie. Elle n'exclut ni l'activité économique, ni même, chez quelques industriels d'élite, le souci de leur rôle social; et il y en aura toujours, en France comme en Allemagne, pour estimer, avec Zeiss et Abbe, que, « quelle que soit la richesse actuelle, et quelle que puisse être un jour l'extension du code des lois sociales, ce code n'épuisera jamais la matière; il ne fonde qu'un strict minimum de droits et de devoirs; et il laissera toujours à l'initiative individuelle, en dehors et au delà de ce minimum de justice sociale garanti par la loi, un vaste champ d'activité ».

« La raison fondamentale du grand essor industriel de l'Allemagne est que la nécessité d'une coordination étroite entre la science pure et l'application y est devenue l'une de ces notions courantes répandues dans la masse, l'un de ces lieux communs qui ne se discutent plus, l'une de ces « idées-forces » qui finissent par guider, même à leur insu, peuples et individus. L'opinion française, à cet égard, a fait depuis quinze ans d'incontestables progrès : peut-être, toutefois, ces progrès ne sont-ils pas tels qu'il ne faille répéter encore, et sans se lasser, des choses déjà dites cent fois, mais qui, chaque fois, pénètrent un peu plus profondément dans l'esprit public. »

Bernard Brunhes,
Directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme.

§ 5. — Zoologie

VIIIe Congrès international de Zoologie. — Le VIIIe Congrès international de Zoologie doit se réunir à Graz (Autriche) en août 1910, sous la présidence de M. le Professeur L. von Graff. Il devra décerner trois prix, pour lesquels les questions suivantes sont mises au concours :

Prix de S. M. l'Empereur Alexandre III. — Recherches sur l'intervention des phénomènes mécaniques dans les transformations des formes animales.

Prix de S. M. l'Empereur Nicolas II. — Etude monographique d'un groupe de Plathelminthes.

Prix Alexandre Kovalevsky. — Ce prix, fondé par la Société Zoologique de Saint-Pétersbourg, sera attribué à un lauréat proposé par elle, d'après un règlement spécial.

Les zoologistes de toute nationalité sont invités à concourir aux deux premiers prix, à l'exception des Autrichiens, le règlement excluant du concours les candidats appartenant au pays dans lequel le Congrès doit avoir lieu. Les travaux manuscrits ou imprimés, mais publiés depuis 1907, sont admis au concours; ils devront être envoyés à mon adresse, 226, boulevard Saint-Germain, à Paris, *avant le 1er juin 1910*. Pour faciliter le travail du jury, on est prié d'envoyer, si possible, trois ou quatre exemplaires du mémoire imprimé.

Le règlement voté à Moscou en 1892, non modifié depuis, exige que les travaux présentés soient écrits en langue française. Toutefois, l'usage s'est établi d'accueillir également les Mémoires écrits en allemand, en anglais et en italien.

R. Blanchard.

§ 6. — Géographie et Colonisation

L'Exposition de Prague. — La Bohême est l'une des contrées les plus intéressantes de l'Europe, et ce n'est pas sans motif qu'on l'a appelée la « perle de la monarchie autrichienne. » Sa position géographique l'avait en quelque sorte prédestinée à jouer un rôle considérable au milieu du continent européen. Les montagnes qui l'entourent de toutes parts l'ont fait comparer à une sorte de bastion. Elle a toujours eu, au point de vue stratégique, une grande importance.

Peuplé d'abord par une tribu celtique, les Boïens, qui lui ont laissé leur nom, ce quadrilatère fut envahi au moment des grandes invasions par les Quades et les Marcomans, qui cédèrent la place au VIe siècle à un peuple slave, les Tchèques; depuis cette époque, ces derniers se sont maintenus à travers des difficultés de toutes sortes et au prix de luttes parfois tragiques. Le trait le plus saillant de l'histoire contemporaine de la Bohême, c'est l'effort des Tchèques pour se maintenir contre la poussée des populations germaniques. Cet effort doit nous intéresser d'autant plus vivement qu'il a été maintes fois accompagné de témoignages de sympathie pour la France. Un certain nombre de Tchèques s'engagèrent en 1870 dans des corps de francs-tireurs. Quelques-uns se sont fait tuer pour la France, comme l'avait fait au XVe siècle le roi Jean l'Aveugle, qui périt si courageusement à la bataille de Crécy.

La Bohême a fait depuis quelques années, au triple point de vue agricole, industriel et commercial, de grands progrès. Son sol, généralement fertile, se prête aux productions les plus variées. La plupart des céréales y réussissent parfaitement; la culture de la betterave, celle du tabac, celle du houblon surtout (aux qualités duquel la bière de Pilsen doit sa célébrité) y ont pris une grande extension. On y élève avec succès chevaux, bétail et volailles; on y trouve des brasseries et des distilleries prospères; les sociétés coopératives agricoles y sont nombreuses et rendent de grands services aux cultivateurs. La Bohême est riche en mines de houille; elle a des mines d'argent, des mines de plomb et de plomb argentifère (quelques-unes sont connues depuis le VIIIe siècle). L'industrie métallurgique est représentée par des hauts-fourneaux, des ateliers de construction et des fabriques de machines de toutes sortes. L'industrie textile a pris une grande

Digitized by Google

importance, surtout dans les districts septentrionaux où l'on trouve tissages et filatures, teintureries et imprimeries d'étoffes. Les artistes verriers du Böhmer-Wald, ceux du Riesen-Gebirge et du plateau morave sont les héritiers des Vénitiens; ils ont su donner à tout ce qu'ils façonnent une grande élégance de formes et de couleurs. On vante unanimement dans leurs produits la finesse du travail, la taille des facettes, le choix heureux des nuances, l'éclat de la peinture : ils peuvent soutenir la comparaison avec ceux des fabriques les plus célèbres de l'Europe. L'orfèvrerie et la joaillerie ne sont pas moins réputées. On fait aussi de beaux articles de cordonnerie, de sellerie, de papeterie, de jolis articles en bois, etc... Les jambons de Prague sont universellement connus! Bref, le mouvement commercial de la Bohême a triplé depuis ving-cinq ans.

Le royaume de Bohême a une capitale digne de lui, l'antique cité de Prague, qui compte avec sa banlieue près de 600.000 habitants. C'est une des plus belles villes de l'Europe. Dès le xe siècle, le voyageur arabe Ibrahim Ibn Jacoub signalait son importance et son activité; des écrivains du xiiie siècle l'appellent la « métropole » de l'Europe centrale; au xve siècle, un légat du Pape trouve qu'elle surpasse Vienne, Breslau, Nuremberg et même l'illustre Cologne. En dépit des vicissitudes par lesquelles elle passa pendant la Guerre de Trente ans et des dégâts qui furent la conséquence des sièges de 1741 et de 1757, Prague a toujours conservé un grand cachet : Humboldt la place parmi les quatre plus belles villes avec Naples, Constantinople et Lisbonne, et Gœthe déclare que c'est la plus belle pierre de la couronne des villes européennes. Viollet-le-Duc lui a trouvé un « aspect féerique » et le géographe Ritter, parlant de ses monuments, écrit : « C'est un livre d'histoire et d'architecture unique dans l'univers ».

Prague est aussi un centre de vie intellectuelle et artistique qui se développe d'autant plus rapidement que les Tchèques ont l'esprit très ouvert et sont remarquablement doués. L'Université de Prague, fondée en 1348 sur le modèle de celle de Paris, est la plus ancienne de l'Europe centrale. Il y a même aujourd'hui deux universités, une université tchèque et une université allemande, de même qu'il y a deux écoles polytechniques et deux écoles supérieures de commerce. Les écoles de haut enseignement à Prague ont aujourd'hui au total plus de 450 professeurs et près de 10.000 étudiants. Prague possède un grand nombre de sociétés savantes, et d'associations d'un caractère économique. La plus importante, parmi celles-ci, est la Chambre de Commerce et d'Industrie, fondée en 1850 et dont la circonscription est fort étendue : on a calculé que les impôts payés par les industriels et les commerçants qui y habitent représentent la septième partie des impôts de tout l'empire d'Autriche. La population est très dense : elle surpasse celle de la Norvège, du Danemark, du Wurtemberg, de la Serbie et de la Grèce. Et elle augmente toujours. On a calculé que l'augmentation a été depuis 1855 de 65 %!

La Chambre de Commerce de Prague a eu l'idée, pour fêter le soixantième anniversaire de l'avènement de François-Joseph, d'organiser une grande Exposition qui mérite de ne point passer inaperçue dans notre pays. C'est, en effet, dans la circonscription de la Chambre de Commerce de Prague que se rencontrent quelques-uns des plus grands établissements de l'Autriche : on y trouve la plus grande usine pour la construction des machines, la plus grande usine pour la construction des wagons, la plus grande distillerie d'alcool de l'Autriche, la plus grande raffinerie d'huile minérale, les deux plus grandes brasseries, les plus grandes fabriques de toiles cirées, de linge, de chapeaux. C'est dire assez que la production industrielle de Prague et des environs, qui dépasse aujourd'hui la somme de un milliard deux cent millions de couronnes, est éminemment représentative de la production industrielle de l'Autriche.

On a affecté à l'Exposition un superbe terrain de quarante hectares, pittoresque et accidenté, qui offre de magnifiques perspectives et de jolies promenades. On y a construit une vingtaine de grands pavillons et une centaine de petits, qui produisent le meilleur effet. L'Exposition a été inaugurée récemment par l'archiduc François-Joseph, assisté de quatre ministres, d'un grand nombre de hauts dignitaires (civils, militaires et ecclésiastiques) et de hautes personnalités du monde politique, industriel et commercial. Le nombre des visiteurs est déjà considérable et l'on organise, pour les mois d'août et de septembre, non seulement de grandes fêtes, mais aussi plusieurs congrès. Le principal sera le Congrès international des Chambres de Commerce et autres associations industrielles ou commerciales. Il est à souhaiter que la France y soit largement représentée. Notre Consul général, qui a plusieurs fois attiré notre attention sur le magnifique essor de la Bohême, a fait aussi maintes fois observer que nous pourrions aisément développer notre mouvement d'affaires avec ce pays. M. Colomiès a dressé la liste des principaux produits de fabrication française qui, en dépit des tarifs douaniers et de certaines difficultés de transport, pourraient être vendus dans ces pays. Ce sont les articles de mode, les chapeaux de dame, les étoffes de soie et les rubans, les tissus de laine et de coton, bon nombre de machines-outils, des instruments de chirurgie ou d'optique, les articles de Paris, la papeterie de luxe, les parfums, les cosmétiques et les essences, un certain nombre de produits chimiques, d'articles de droguerie, couleurs, vernis, etc... Ce sont encore nos vins, d'autant plus appréciés que le pays s'enrichit davantage, vins de Champagne, de Bordeaux et de Bourgogne, cognacs et liqueurs, et aussi nos conserves, nos légumes et nos fromages, les fruits et les produits de nos colonies, trop peu connus à l'étranger, etc... Mais, pour arriver à des résultats pratiques, il faut, en quelque sorte, se livrer à une inspection personnelle du terrain. Il n'y a qu'une soixantaine de Français à Prague, et encore n'y en a-t-il pas un qui occupe une situation considérable! C'est trop peu : il faut que nos commerçants non seulement envoient des représentants et des commis-voyageurs, mais qu'ils se décident à venir eux-mêmes. Ils verront d'ailleurs comme ils seront bien reçus! C'est par notre faute que notre commerce avec la Bohême ne s'est pas développé davantage. Le temps n'est plus où les étrangers venaient à nous et où nous pouvions, grâce à leurs visites, nous contenter d'écouler nos produits sans regarder au dehors. Le marché du monde nécessite aujourd'hui de nouvelles activités; c'est notre abstention à l'extérieur qui a laissé le champ libre à d'autres. Il faut que, dans l'universelle marche en avant des peuples civilisés, nous précipitions davantage nos pas et que nous fassions un meilleur emploi de nos énergies, de nos aptitudes et de nos bonnes volontés. Les expositions internationales qui se sont succédé depuis quelques années ont prouvé qu'au milieu des produits de tous pays les nôtres se recommandent toujours par la finesse, le bon goût, l'intelligence, qui ont présidé à leur fabrication. Ils obtiennent les plus hautes récompenses; mais de ces récompenses nous ne retirons vraiment pas assez de profit. Il nous faut donc faire de nouveaux efforts pour bénéficier du prestige dont nous jouissons encore et rendre à notre pays la situation à laquelle ses qualités et ses ressources, comme ses traditions séculaires, lui permettent de prétendre.

Georges Blondel.

Digitized by Google

LA QUESTION ANTARCTIQUE
D'APRÈS LES VOYAGES EXÉCUTÉS VERS LE POLE SUD DEPUIS 1898
DEUXIÈME PARTIE : LES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES

Dans un premier article[1], nous avons brièvement retracé l'historique des expéditions sud-polaires depuis 1898; nous allons maintenant en étudier les principaux résultats scientifiques.

I. — Étude de la mer australe.

Les résultats scientifiques du voyage de la *Discovery* n'ayant pas encore été publiés en entier, ni résumés, c'est sur la partie de la mer australe voisine de l'Antarctide de l'Ouest qu'on a les idées les plus nouvelles; et, quoique les observateurs aient plutôt porté leur attention vers d'autres phénomènes, on possède déjà un certain nombre de conclusions importantes qui tracent une direction de recherches pour de nouvelles expéditions.

Les cartes de la fin du siècle dernier arrêtaient les grands fonds de 4.000 mètres du Pacifique Sud vers 60° S. et 76° O. de Paris, au S. O. du cap Horn. Elles indiquaient, d'autre part, un plateau immergé à 2.000 mètres environ, et portant tous les petits archipels situés entre l'Antarctide et les Falklands. Les sondages de la *Belgica* et ceux de la *Scotia* dans l'Atlantique Sud et dans la *mer de Weddel* sont venus mettre ces faits au point. M. de Gerlache avait constaté dans le détroit de Drake, entre les Falklands et la Géorgie du S., une profondeur de 4.040 mètres par 55° 51′ S.[2]. Les observations répétées de M. Bruce (75 sondages) ont fixé de ce côté la limite méridionale du *Seuil sud atlantique* qui porte les Falklands vers 55° S.; profond de 3.000 à 4.000 mètres, il est remplacé à 60° S. par une *Fosse atlantico-indienne*, de plus de 5.000 mètres, allongée de l'O. à l'E., des îles Sandwich vers Kerguelen ; le sondage extrême fait dans la mer de Weddel, à 70° 21′ S., a donné 4.650 mètres[3]. Cette dépression se rapprocherait de l'emplacement des *Terres de Kemp et d'Enderby*; mais, près du front glaciaire, un relèvement du fond atteste l'existence d'un plateau continental. Au S. O. de la Terre de Graham, au contraire, sur le terrain de dérive de la *Belgica*, les profondeurs paraissent moindres, à la chute du plateau côtier; elles sont de 2.700 mètres par 71° S., au large de la Terre Alexandre Ier[1]. Multiplier les sondages tout autour de l'Antarctide dans les prochains voyages sera faire avancer la question encore indécise des rapports de structure des terres qui la composent avec les Andes.

Il est aussi à souhaiter, à cause des courants marins et de la faune, que l'on insiste sur l'étude de l'eau marine et de ses mouvements, car l'on n'a guère réuni jusqu'ici que de simples indications générales, ou des résultats locaux qui ne valent que pour un temps donné. La température de surface est presque toute l'année voisine de 0°. Celle du fond est remarquablement basse, et cela d'autant plus que l'on approche des glaces. De —0°,3 dans la Fosse atlantico-indienne de la *Scotia*, elle a présenté un minimum de —0°,6 dans le détroit de Gerlache (par 3.690m); et l'expédition Nordenskjöld a relevé, dans le détroit de Bransfield, par 1.450 mètres, le plus bas chiffre connu alors : —1°,65[2]. Depuis, les publications de la *Southern-Cross* ont donné —2°,3 comme moyenne de l'eau de mer sous la barrière de Ross. Ces nappes très froides seraient d'ailleurs particulières aux assez grandes profondeurs. Les observateurs du *Gauss* ont constaté la présence, entre les couches glaciales de surface et de fond, d'une eau à + 1° environ, plus salée que les premières, en partie moins dense que les secondes, et provenant peut-être de lointains courants venus de la zone tempérée. Le détroit de Drake, où Nordenskjöld n'a pas noté moins de + 1°,9, à 1.400 mètres, et le Sud-Atlantique, sur lequel la *Scotia* a relevé des températures de + 0°,1 à + 0°,5, marqueraient, du côté de l'Antarctide de l'O., la limite septentrionale des eaux polaires de fond. Quant à la salinité, la Mission de la *Belgica* l'a trouvée légèrement décroissante vers le S., à cause de l'eau de fusion de la glace douce; ses variations annuelles paraissent faibles, et son maximum est en hiver, comme c'était à prévoir.

MM. Arctowski, de la *Belgica*, et Matha, du *Français*, ont fait des observations assez répétées de densité, qui dépassent le cadre tout géographique de cette étude.

M. Matha a étudié les marées. D'un maximum

[1] Voir la *Revue* du 15 juillet 1908, t. XIX, p. 527.
[2] De Gerlache : *Ouv. cit.*, p. 104.
[3] Comparer le sondage exécuté par le *Gauss*, au S.-E. de Kerguelen, au moment de l'entrée du navire dans les glaces (65°S.) : il a donné 3.165 mètres.

[1] De Gerlache : *Ouv. cit.*, p. 162.
[2] O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 191.

Digitized by Google

d'amplitude relativement faible (2^m), elles ont affecté à Port-Charcot un régime diurne comparable à celui de l'Indo-Chine (une seule marée en vingt-quatre heures, ou deux irrégulières).

II. — Le climat antarctique.

Ce sont tout naturellement les conditions climatiques qui ont le plus retenu l'attention des explorateurs. Leurs observations ont été assez nombreuses, assez prolongées et assez précises pour que l'on puisse aujourd'hui établir les caractères généraux du climat sud-polaire. Ces résultats ont déjà fourni d'intéressantes comparaisons avec ce que l'on sait de la région boréale. Ici, nous leur demanderons surtout l'explication des phénomènes glaciaires si particuliers de l'Antarctique, et d'une vie organique tout à fait précaire ou remarquablement spécialisée.

Avant 1898, les stations météorologiques les plus méridionales du monde, celles d'Ushuaia et des îles des Etats (54° 23′ S.), n'avaient fourni de renseignements que pour la région du cap Horn. Les séries d'observations obtenues par les dernières missions antarctiques, et dont la plus longue est la série d'un an pour la Géorgie du Sud (*Antarctic*), sont venues étendre beaucoup ces données. Pour le domaine même des glaces, on en était réduit à des constatations isolées, entre lesquelles il était difficile d'établir un lien; on peut dire que les études faites par les dernières missions ont, à cet égard, enrichi la Géographie de tout un chapitre nouveau[1].

Les observations barométriques ont, en premier lieu, complètement démoli l'hypothèse d'après laquelle, en dehors d'une zone de troubles, variant de 60° à 70° S., le régime dominant sur l'Antarctique aurait été celui de vents tourbillonnaires d'O., appelés vers un cyclone austral permanent. On avait gratuitement supposé l'existence de ces vents par extension des grands courants de rotation terrestre, dirigés O.-E. dans le S. de la zone tempérée australe, supposition impossible d'ailleurs à concilier avec celle d'un pôle de froid austral. Les observations faites ont montré, au contraire, que la pression, *très basse en moyenne*, à la vérité, *ne diminue pas régulièrement vers le S.*, et demeure peu inférieure dans l'ensemble à la moyenne de 746 millimètres relevée au cap Horn. A Snow-Hill (64° 22′ S.), les réductions faites à 0° et au niveau de la mer ont donné le chiffre de *740 millimètres*. A Port-Charcot (65°04′ S.), la valeur correspondante a été de $744^{mm},87$, presque exactement la même que celle obtenue par la *Belgica* pendant sa dérive (744,7); M. Rey, météorologiste du *Français*, n'a constaté qu'une seule fois, en avril, un maximum un peu supérieur à 760 millimètres[1]. Les instruments du *Gauss* ont donné, sous le cercle polaire, une moyenne de 740 millimètres. Enfin les lectures faites au cap Adare, position la plus méridionale d'observations suivies, ont fourni le chiffre de $738^{mm},5$. Dans l'Antarctide de l'O., tout au moins, les minima moyens ont été assez hauts pendant la fin de l'été, en février et mars : $734^{mm},8$ pour le *Français*, en février (*Belgica*, $735^{mm},7$). Mais partout les *variations* sont apparues *très grandes*; de plus de 45 millimètres pour le *Français*, elles ont dépassé 60 millimètres pour la *Belgica*. Le fait le plus important semble être, à cet égard, celui de *tempêtes fréquentes et très violentes*, avec tourbillons de neige en toutes saisons; elles coïncident avec des chutes brusques du baromètre, quand le vent passe au N., et surtout en hiver. Borchgrevink a essuyé près de la Terre Victoria quatre-vingt-douze jours d'ouragan; à Snow-Hill, le chiffre de *708 millimètres* a été relevé au baromètre pendant la bourrasque du 3 juin 1902[2]; à Port-Charcot, M. Rey a noté 722 millimètres en février, 718 et 717 en juin et en août.

Pendant ces tempêtes, les vents de provenance septentrionale l'emportent (N. O. ou N. E.), relativement tièdes; mais, en temps ordinaire, ce sont les souffles polaires glacés qui sont les plus réguliers, quelle que soit la région de l'Antarctique. Von Drygalski et Borchgrevink admettent, en conséquence, l'existence d'un *anticyclone austral* continuel; fixe vers le cap d'Adare, il se déplacerait sur l'Antarctande, vers l'E. en hiver, vers l'O. en été[3]. L'on se trouverait ainsi en présence de conditions différentes de celles des régions arctiques, influencées par les deux pôles de froid qui sont placés vers le cercle polaire, dans le N.-E. Sibérien et dans l'archipel nord-américain. Dans l'Antarctide, l'aire des vents anticycloniques du Sud s'étend en réalité pendant l'hiver et se rétrécit pendant l'été, à cause des variations d'ensemble de la température. Les régions dans lesquelles les missions dernières ont séjourné, situées entre 64° et 72° S., se trouvent vers la zone où la lutte s'établit d'une manière constante entre ces souffles méridionaux et ceux venus du N. A Port-Charcot, par exemple, plus de 73 °/₀ des observations ont concerné des vents concurrents de S.-O. et de N.-E., ou voisins. On sait qu'au cap

[1] Il faut lire les relations de voyage pour avoir une idée de la ténacité et du véritable courage apporté à ces observations. A Port-Charcot, les instruments ont été visités régulièrement, même la nuit, et par tous les temps. Pendant la dérive de la *Belgica*, les lectures ont été exécutées plusieurs fois par jour sur la passerelle, etc.

[1] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 351.
[2] O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 143.
[3] Zimmermann : *Ann. de Géogr.*, 1902, p. 385.

Digitized by Google

Horn dominent, au contraire, les vents de rotation terrestre, d'entre S.-O. et N.-O.; il existe, de ce côté tout au moins, une étroite bande de calmes relatifs, par laquelle se fait le passage de la zone tempérée à la zone polaire; les brumes y sont beaucoup moins fréquentes et la houle moins forte.

Sur la lisière connue de l'Antarctide, les vents venus du pôle (S.-O. ou S.-E.) soufflent par temps clair et quand le baromètre monte. Ils sont souvent violents (plus de 15 mètres par seconde), et toujours très froids. Exceptionnellement, ils donnent lieu à des phénomènes locaux de *fœhn*, même en plein hiver : à Snow-Hill, par exemple, Nordenskjöld a constaté une montée brusque de température, jusqu'à + 9°,3. Vers Port-Charcot, ils sont le plus réguliers au début de l'été, d'avril à juillet (53 °/₀ des observations de juillet). Au contraire, les courants d'air venus du Nord ont partout un caractère franchement marin : ils sont brumeux, soufflent en tempête et donnent lieu à des chasse-neiges; ils amènent, quelle que soit la saison, des montées du thermomètre, qui ont souvent dépassé 20°. Ils deviennent plus fréquents dès septembre, époque qui marque la fusion relative des glaces, le retour et la nichée des oiseaux migrateurs. Dans certains parages, ils dominent la plus grande partie de l'été. Ils contribuent partout à rendre l'abord des glaces fixes extrêmement périlleux, et compromettent souvent les excursions sur la banquise et sur les glaces côtières.

Au point de vue de la température, l'amplitude du phénomène glaciaire dans l'Antarctique en fait une région qui n'a *en réalité pas d'été relatif*. Les observations exécutées sur des parties en général découvertes du rivage, et dans le voisinage du cercle polaire, ont donné, pour les mois les moins froids, des chiffres beaucoup plus bas qu'on ne pouvait le supposer, et comparables à ceux relevés par Nansen pendant la dérive du *Fram* en pleines glaces arctiques, au delà de 80° N. La moyenne la plus forte connue, pour la saison *de novembre à mars*, est celle de Port-Charcot (65°,04 S.), et elle est inférieure à 0° : — 0°,39 [1]. Dans cette station seule, janvier a donné une moyenne au-dessus du point de glace : + 0°,48. Pour la *Belgica*, qui a dérivé à l'O. de la Terre Alexandre Ier jusqu'à 70°,71 S., pour le *Gauss*, dont l'hivernage se place sous le cercle polaire, pour la *Southern-Cross*, dont les observations ont été faites au cap Adare à 71°,18 S., les moyennes d'été ont varié de — 1°,5 à — 1°,8 : toutes ont donc été plus basses que le chiffre moyen de — 1°,2 relevé par le *Fram*, à 82° N. La moyenne de décembre est descendue à — 2°,2 pour la *Belgica*. Pour l'ensemble des mois d'été, les observateurs de la *Discovery* n'ont obtenu que — 5°,9. Partout, enfin, les maxima extrêmes ont fort peu dépassé 0°; les plus élevés sont celui de + 6° relevé par le *Français* (le 23 avril), celui de + 3°,5 relevé par le *Gauss* (le 2 janvier); la moyenne des maxima de 9°,4 au cap Adare (pour février) correspond à un mois où les coups de « fœhn » ont été fréquents.

Les moyennes des *mois les plus froids* (mai à septembre) ont été *exceptionnellement basses*. Pour juillet, la plus haute moyenne de l'Antarctide de l'Ouest est celle de la *Belgica* : — 16°,8; la valeur correspondante est descendue à — 19°,2 pour Port-Charcot, à — 20° pour Snow-Hill. Le *Gauss* a noté — 19°,1 pour l'ensemble de l'hiver, et — 21°,8 en août. Les résultats de juillet sont encore plus bas pour la *Southern-Cross* (— 24°,3) et pour la *Discovery* (— 25°,6). Les minima absolus de — 35° et au-dessous ont été partout fréquents. C'est sans doute à la persistance et à la rigueur de ces froids, combinés avec la nuit australe et avec les brumes presque continuelles, qu'il faut attribuer les ravages causés par l'anémie polaire dans toutes les missions.

La *température* est d'ailleurs partout d'autant plus *sensible* qu'elle comporte pour un même mois de *brusques changements*, quelle que soit la région. A Snow-Hill, le thermomètre monte, par exemple, le 17 juillet, de — 29°,8 à + 4°,1. A Port-Charcot a été noté, au début de juin, un écart brusque de — 21° à + 3°,5. Quand se produisaient ces variations soudaines, qui ont eu d'ailleurs leurs analogues en été, les voyageurs avaient à traverser des moments tout à fait pénibles : les coups inattendus de dégel, coïncidant en général avec des bourrasques et des chasse-neiges terribles, rendaient suintants tous les objets sur les navires; pendant les raids, les tentes et les sacs de couchage devenaient presque inutilisables à force d'être humides, et l'on dormait littéralement dans l'eau glacée.

M. Rey a d'ailleurs noté, comme d'autres voyageurs, qu'un caractère important du climat antarctique est le *degré de saturation très élevé de l'air* en vapeur d'eau, quoique la tension soit faible. La moyenne relevée à l'hygromètre, à Port-Charcot, a été de 86,3 °/₀, plus forte de 4 °/₀ qu'au cap Horn; en juillet, elle s'est élevée à 92,4 °/₀. Les précipitations ont lieu ordinairement sous forme d'une *neige dure*, qui tombe en petits cristaux coupants, même en été; la *Belgica* a eu deux cent soixante jours de neige; les passagers de l'*Antarctic* en ont constaté le 6 janvier, en plein solstice, ceux du *Français*, le 2 février, dès leur entrée dans la région polaire. Les averses de pluie sont l'exception; elles se produisent par les tempêtes du N., qui accompagnent surtout les changements de saison, parfois

[1] La moyenne de juillet est de + 6° à Godthaab, côte O. du Groënland (64° N.).

Digitized by Google

avec éclairs et coups de tonnerre[1]. Au total, la *hauteur d'eau* tombée est *faible*. A Port-Charcot, elle n'a été que de 376 millimètres (au lieu de 1.360 millimètres au cap Horn), avec un maximum de novembre à mars (janvier 46 millimètres, contre 10 seulement en juillet).

Les prochaines missions auront évidemment à cœur de préciser ces résultats, et de prolonger plus qu'on n'a pu le faire jusqu'ici les études de Météorologie. Un vaste champ d'observation est ouvert en ce qui concerne les aurores australes, l'intensité de la pesanteur, l'électricité atmosphérique et le magnétisme terrestre. Borchgrevink n'a pu déterminer que par le calcul, d'une manière très approximative, l'emplacement du pôle magnétique, par 73°20′ S. et 146° E. Gr., à l'opposé, par conséquent, de l'Antarctide de l'Ouest. Au moins se dégage-t-il déjà de certaines publications des hypothèses solides. L'une de celles auxquelles a abouti M. Rey mérite d'être citée. Selon lui, la variation du champ électrique est en relation dans l'Antarctique, comme ailleurs, non avec les saisons, mais avec la position de la Terre sur l'écliptique : il est plus grand quand la Terre est au périhélie (hiver de l'hémisphère N.), d'où l'on est conduit de plus en plus à regarder le Soleil comme la source de l'électricité et de toute force.

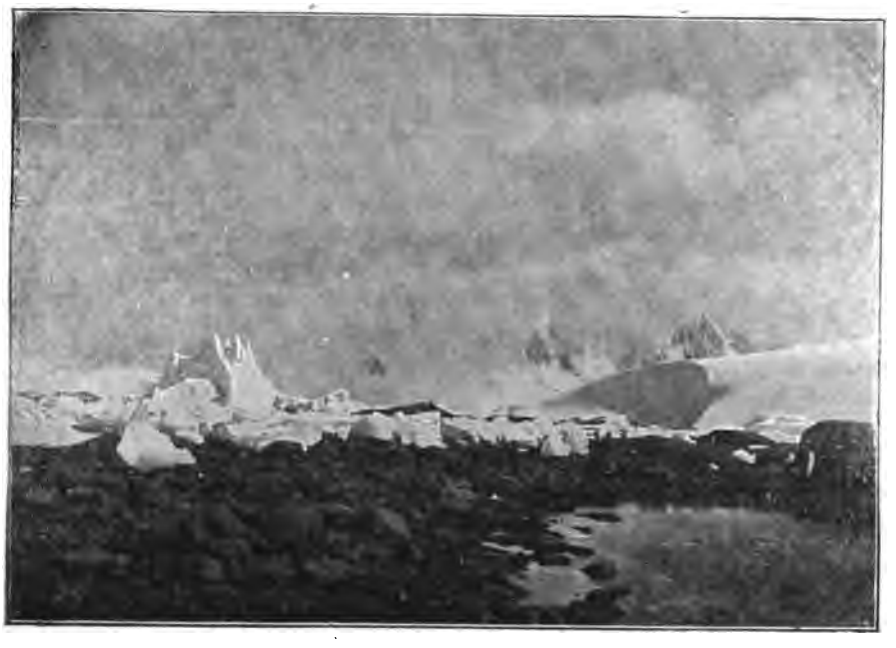


Fig. 1. — *Moraine sur la plage.*

III. — La glaciation australe.

Quoique l'enneigement soit faible dans l'Antarctique, la rudesse persistante de la température, qui ne s'élève pour ainsi dire jamais au-dessus de 0°, donne une ampleur particulière aux phénomènes de glaciation. Sur les grandes mers libres et toujours houleuses qui entourent la région australe, c'est jusque vers 55° N. en moyenne (latitude de Kœnigsberg) que s'avancent les glaces flottantes, et jusque vers 35° au S. de l'Afrique. Or, depuis leur rencontre avec les premiers icebergs, jusqu'au rebord de l'inlandsis terrestre, toutes les missions ont eu à traverser plusieurs séries de formations glaciaires, dont l'étude est du plus haut intérêt, non seulement parce qu'elle a révélé des modes rares ou même inconnus dans les parages arctiques, mais encore parce qu'elle aide à comprendre ce qui s'est passé au Nord de notre continent pendant l'époque quaternaire. M. Ch. Rabot, dans sa belle étude déjà citée de *La Géographie*, a justement insisté sur l'importance exceptionnelle des observations faites en cette matière. Les documents rapportés par la *Scotia*, par la *Discovery*, et principalement par M. le Dr Philippi, du *Gauss*, sont surtout à signaler : les splendides photographies de la relation de von Drygalski mériteraient à elles seules un commentaire détaillé[1].

Tous les observateurs sont d'accord pour affirmer un *retrait général de la glaciation* dans l'Antarctique, résultat d'accord avec ce qui a été constaté pour les parages du pôle Nord et pour les glaciers de toutes les latitudes. Dans l'Antarctide de l'O., la Mission de l'*Antarctic* a relevé des traces nettes d'extension plus grande des glaces sur les rives du canal d'Orléans, de la baie de l'Espérance, à l'E. de la terre de Graham, où l'abaissement de l'inlandsis atteint 300 mètres au « nunatak » Borchgrevink[2]. Au sommet du Gaussberg, de gros blocs de gneiss ont montré à von Drygalski que la glace

[1] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 215. — O. Nordkensjöld : *Ouv. cit.*, p. 318, 143.

[1] Ces photographies, très nombreuses et d'un tirage irréprochable, ne montrent pas seulement les divers aspects généraux des glaces ; elles constituent une étude « anatomique » des formations glaciaires tout à fait nouvelle. Voir, par exemple, les planches où sont reproduits les divers modes de l'enneigement (champs de neige, bourrelets et dunes dressés par les vents, etc.), et surtout celles qui présentent la structure intérieure des glaces douces (striées, rubannées, etc., p. 461).

[2] O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 258.

Digitized by Google

a recouvert complètement la montagne autrefois : il pense, d'après la jeunesse des moraines qui s'étendent au pied de la montagne, qu'il en était encore ainsi à l'époque glaciaire[1]. Du côté de la Terre Victoria, Borchgrevink a trouvé la grande barrière de glaces en recul depuis J. Ross, et Scott évalue le retrait à 50 kilomètres. Ce dernier observateur a été frappé par le fait que l'émission des icebergs est supérieure à l'alimentation. Ses photographies montrent aussi l'importance locale du ruissellement d'été, ou encore les masses énormes de neige que les vents de tempête retroussent sur la surface glissante de l'inlandsis, puis balayent vers le bas des pentes sans profit pour les glaciers. Les rares parties découvertes que l'expédition a visitées présentent toutes des moraines récentes. Les terrasses glaciaires du Mont-Terror, qui s'élèvent jusqu'à 240 mètres, donnent à penser que la grande barrière montait naguère jusque-là, et ses débris, portés par les hauts fonds, se verraient jusque vers 75° S. La glaciation serait actuellement plus forte aux îles Balleny, où le froid est moins grand, mais les précipitations bien plus considérables[2]. — C'est, en somme, sous nos yeux que se fait cette lente émersion d'un monde sous-glaciaire : au début de l'époque actuelle, la glace cachait encore les moraines frontales (fig. 1), en partie recouvertes aujourd'hui par l'eau de mer, que M. le Dr Charcot a étudiées dans l'île Wandel[3]. Le recul des glaces peut donc, en se continuant, nous livrer un jour les secrets de la vie à l'époque tertiaire dans ces parages.

Fig. 2 — *Iceberg tabulaire.*

Les *glaces flottantes* sont la première formation que rencontrent les navires venus du N. Elles sont surtout constituées par des débris de glaces de mer, entraînés par les vents et les courants très loin de leur point d'origine, glaçons de tailles diverses (*floes*), ou fragments étendus de la banquise. Ces glaces détritiques, *drift-ice*, couvrent parfois la mer presque complètement; elles sont agitées en tous sens par la houle, ou flottent à grande vitesse et par masses compactes dans les espaces resserrés, comme les détroits de l'Antarctide de l'Ouest[1]. Au milieu, et jusque vers 55° N., se déplacent de grands *icebergs*, parties détachées des glaces terrestres, dont la forme tabulaire spéciale (fig. 2) a frappé tous les voyageurs, mais qui peuvent aussi présenter, quand ils se sont retournés, leur ancienne base, dentelée par la fusion, découpée en pyramides, en pics aigus, et creusée de grottes ou de tunnels, où règne une étrange lumière bleue. Il faut, d'ailleurs, ajouter tout de suite que les grands icebergs flottants sont relativement peu nombreux. Les glaciers de l'Antarctide de l'Ouest n'émettent presque que des glaçons : M. le Dr Charcot n'a pas vu de lancements considérables d'icebergs, et il ne croit pas que les énormes plaques de glaces rencontrées, mesurant jusqu'à 500 mètres de hauteur totale, puissent venir de la région explorée par le *Français*. Vers la Terre Victoria, deux seulement des glaciers émissaires de l'inlandsis vus par Scott envoient des icebergs. La barrière de Ross serait le seul point d'émission connu, où l'on peut constater une activité pareille à celle des grands glaciers du Groënland. Dans les parages du Gaussberg, von Drygalski a noté que le mouvement de l'inlandsis est très lent, et les ruptures peu fréquentes. Ici, d'ailleurs, comme partout, les grands blocs de provenance terrestre séjournent très longtemps au milieu des glaces côtières, puis de la banquise, avant de commencer leur dérive.

La *banquise*, signalée de loin par une lueur particulière, l'*iceblink*, enserre, en effet, les terres australes d'une nappe presque continue, à la différence de ce qui a lieu dans les mers arctiques; même en été, il est rare de rencontrer une partie de rivage qui soit baignée par l'eau libre. Au S. des Océans Atlantique et Indien règne, entre 62° et 69° S., la longue muraille qui forme le rebord de la glace de mer, et d'où se détache la *drift-ice*; c'est l'*icekant*, ordinairement élevé de plusieurs mètres; il donne un accès toujours difficile à une plateforme, large de trois ou quatre kilomètres au maximum, hérissée par les *hummocks*, coupée de crevasses irrégulières, et bouleversée au moment des

[1] Zum Kontinent des eisigen Südens, p. 311.
[2] Scott : The voyage of the *Discovery*, t. I, p. 209, 383. — Et dans *Geogr. Jo.*, 1905, p. 353.
[3] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 74.

[1] Scott : *Ouv. cit.*, t. I, p. 152. — Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 46.

Digitized by Google

tempêtes par d'effrayantes pressions, comme celle qui a englouti l'*Antarctic*. Dans les parages où la *Scotia* a dérivé (mer de Weddel), et aussi au S.-O. de la Terre Alexandre Ier, où la *Belgica* a erré plusieurs mois, la banquise est une immense plaine aux mille aspérités, qui s'étend à perte de vue. — Durant l'hiver, et dès le mois de mai en général, la mer commence à se prendre sur la lisière de ces glaces, et le long des rivages où elle vient baigner soit les parties découvertes, soit les glaces côtières. M. Gourdon, de la Mission Charcot, a observé la formation de cette *banquise temporaire*, qui consiste d'abord en plaques minces aux angles aigus (*pan-cake ice*, fig. 3), puis en une croûte inégale et craquelée (*young-ice*). D'après lui, l'épaississement a lieu surtout par la surface, et grâce aux chutes de neige[1]. — Dès que la température présente une

Fig. 3. — *Pan-cake ice.*

montée brusque et un peu prolongée, ce qui se produit même en hiver, la banquise, fondant en partie, donne le *pack pourri*, dans lequel se superposent les tranches de glace solide et de bouillie glaciaire. Andersson, de l'*Antarctic*, parti de la baie de l'Espérance pour rejoindre O. Nordenskjöld à Snow-Hill, et M. Charcot lui-même, dans l'un de ses raids à l'O. de la Terre de Graham, ont dû renoncer à parcourir le « pack pourri ».

Les *glaces côtières* sont une formation intermédiaire entre la banquise et les glaciers d'eau douce. S'étalant parfois derrière le pack, qu'elles dominent d'un rebord irrégulier, elles constituent des nappes étendues; mais, la plupart du temps, elles bordent d'une lisière étroite et très accidentée (*icefot*) les hautes murailles de roc de la côte ou le pied des glaciers terrestres. Dans un noyau de glace de mer, dont la neige augmente sans cesse l'épaisseur, sont enchâssés, de manière à former un relief des plus fantaisistes, des *icebergs* échoués ou chavirés, et des débris de glace douce (*icebloc*), le tout coupé de longues crevasses. La teinte gris-vert de la glace de mer domine à l'extérieur, rehaussée par les plaques de neige, ou bien des tons plus foncés sont donnés par les diatomées. Les excursions en traîneau, dans cette bordure côtière, sont des plus fatigantes, et tout à fait périlleuses. O. Nordenskjöld à l'île de Ross et à la Terre du roi Oscar, Charcot dans la baie des Flandres, Scott le long de la Terre Victoria, ont observé et décrit cette formation[1]. En avant du Gaussberg, elle est particulièrement remarquable par sa largeur (35 km.); à l'extérieur, elle se confond avec la banquise, tandis que, vers la terre, elle est séparée de l'inlandsis par un haut talus régulier (« Rand »), d'où glissent peu à peu les icebergs, et qui paraît marquer l'emplacement du rivage; la glace douce (*Blaueis*) finit par y régner seule[2].

Le long des rivages des terres antarctiques, des *glaciers côtiers*, parfois indépendants de l'inlandsis, s'adossent aux hautes falaises, et recouvrent plus ou moins les plages libres, plongeant parfois dans l'eau de mer. Souvent soudés les uns aux autres par leur partie inférieure, ils se terminent alors par une muraille continue, un *ice-front* de plusieurs mètres de hauteur, qui peut se prolonger sur dix kilomètres et plus. Quelques-uns de ces glaciers, de type alpin, dévalent par une gorge du haut de la falaise; ils sont, vers la Terre Victoria surtout, des émissaires de l'*inlandsis*. Mais, la plupart du temps, ils appartiennent au type des *piedmont-glaciers*, bien connu dans les régions polaires nord-américaines (Alaska surtout). Les deux Missions du *Français* et de la *Discovery* ont eu l'occasion de les étudier en détail. Ceux de l'Antarctide de l'Ouest (détroit de Gerlache, etc.), couverts à la surface d'une neige sableuse, de la *neige-poudrin*, dit M. Gourdon, et alimentés aussi par la congélation de l'embrun, se présentent en fer à cheval, en cuvette, en baquette, et se débitent, toujours à leur front de taille, par grandes écailles, ou par prismes qui constituent de petits icebergs[3]. Près du mont Lacroix (fig. 4), un de ces glaciers, adossé à deux sommets côtiers, et porté par un socle invisible, paraît flotter sur l'eau, comme la grande barrière de Ross. Von Drygalski a observé ce genre de glaciers dans l'île Heard (glacier Baudissin). Mais c'est principalement le long de l'immense front côtier de la Terre Victoria, de plus de 1.000 kilomètres de lon-

[1] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 140, 455. — Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 223.

[1] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 32. — O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 122.

[2] Von Drygalski : *Ouv. cit.*, p. 302. Une remarquable carte de cette relation (p. 440) donne la succession des glaces depuis la banquise jusqu'à l'*inlandsis* : champs de glaces fixes ou icebergs; conglomérat des blocs de glace douce côtière; mur de l'*inlandsis*.

[3] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 451, 453.

Digitized by Google

gueur, qu'ils sont nombreux et variés. Là, ils se présentent tantôt appuyés sur la terre ferme des plages, tantôt échoués sur les hauts fonds littoraux, tantôt flottants par leur partie antérieure[1]. Tous émettent des icebergs, et, comme ils sont faiblement alimentés en arrière, on est en droit de les regarder comme des témoins d'une ancienne glaciation, témoins formidables en tous cas, car Scott en a mesuré de 90 kilomètres de longueur (glacier Ferrar).

La grande *Barrière de Ross*, successivement étudiée par Borchgrevink et par Scott, paraît n'être qu'un agrandissement de ce phénomène. Elle n'est qu'un immense glacier côtier d'eau douce, qui recule de 15 centimètres environ par jour (malgré une poussée considérable), et qui flotte à sa partie antérieure. L'*icewall*, de 10 à 80 mètres de hauteur, qui la termine, et dont les merveilleuses photographies de la *Discovery* nous ont présenté tous les aspects, est bien un front glaciaire et non, comme l'avait soutenu M. Bernacchi, de la *Southern-Cross*, le flanc d'une gigantesque coulée appuyée à la terre ferme. M. Scott, en effet, a étudié la jonction de la Barrière avec le continent au cap Crozier[2]. On voit, d'ailleurs, combien l'alimentation glaciaire est faible ici, en comparaison de ce que l'on connaît pour le Groënland.

Ce n'est qu'après avoir franchi tous ces obstacles que l'on arrive à l'*inlandsis* austral. Il a été vu sur une assez grande étendue par les explorateurs de la *Belgica*, des sommets de l'île Brabant, et surtout par von Drygalski, du haut du Gaussberg. Mais le raid célèbre du cap Scott à la Terre Victoria n'a fait que l'entamer sur 300 kilomètres, tandis que, depuis 1888 déjà, Nansen avait parcouru de part en part la grande calotte glaciaire groënlandaise. Au moins, la lisière en est-elle connue directement. Dans l'Antarctide de l'Ouest, il recouvre la Terre de Danco et celle du roi Oscar; de ce côté, son rebord, gravi par Nordenskjöld, s'étend de la terre à l'île Christensen, à travers la banquise : c'est un talus élevé, avec un large fossé au pied, et la surface du gradin supérieur se présente beaucoup plus unie que le pack, avec de grands systèmes de crevasses régulières d'une teinte bleue[3]. Vers le lieu d'hivernage du *Gauss*, le Gaussberg n'est, d'après von Drygalski, qu'une petite interruption dans la masse glaciaire, qui s'étend à perte de vue, et dont le rebord forme, au-dessus des glaces côtières, ce mur de front raide et blanc dont nous avons parlé. Un sondage fait, au pied de la montagne, à travers la glace douce, a trouvé le roc à 170 mètres de profondeur[4]. A la Terre Victoria enfin, l'inlandsis vient buter contre la barrière montagneuse côtière, comparable à celle du Groënland occidental; mais il ne la dépasse que sur peu de points : 4 glaciers émis-

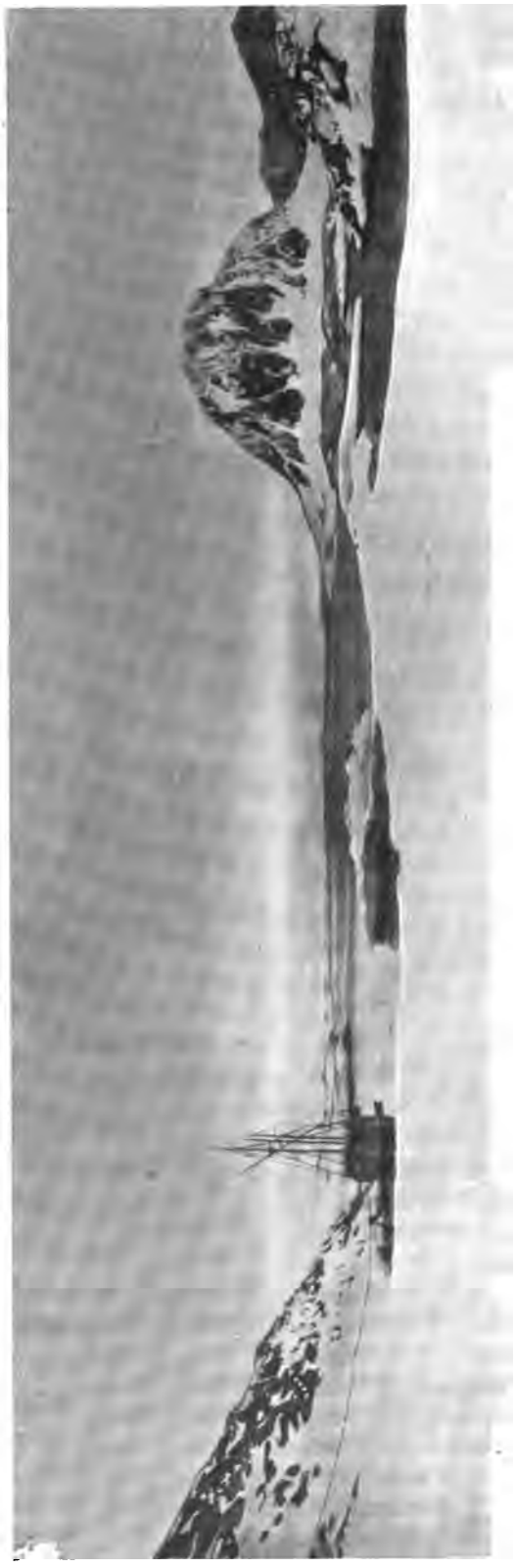


Fig. 4. — *L'anse et le mont Lacroix.*

[1] V. l'étude citée de M. Ch. Rabot.
[2] Scott : *Ouv. cit.*, t. I, p. 172, 191; t. II, p. 5, etc.
[3] O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 111.
[4] Von Drygalski : *Ouv. cit.*, p. 311, 241, etc.

Digitized by Google

saires ont été seulement constatés du cap Adare au cap Longstaf. Un abaissement manifeste de la surface des glaces terrestres s'est produit ici, évalué par Scott à 120-150 mètres. — Notons enfin que, sur les îles, la glace douce prend la forme curieuse, constatée, par exemple, par les explorateurs de la *Belgica* et du *Français*, d'une demi-calotte dont l'abrupt est opposé au vent des chasse-neiges (le N.-E. ici); on a donné le nom expressif d'*ice-cap* à ces énormes dunes solides.

IV. — La vie organique aux terres australes.

C'est vers l'Antarctide de l'Ouest que la flore sud-polaire a été surtout étudiée.

M. Skottsberg, botaniste de l'*Antartic*, lui donne comme limite septentrionale 50° S. environ, et la distingue de la flore australe qui est encore celle de la Géorgie du Sud. Ces îles portent des associations végétales caractérisées par la présence de 15 plantes phanérogames, parmi lesquelles les hauts buissons de *tussok*, dont les photographies nous montrent les tiges grêles et ligneuses, groupées par grosses touffes. Moins les arbres, leurs paysages ressemblent à ceux de la Terre de Feu. Mais déjà les cryptogames dominent; 4 Fougères, 26 Lichens, et des Mousses; et M. Skottsberg attribue ce fait à une récente extension glaciaire.

Dans la flore antarctique, les *Phanérogames* ne sont que de rares et curieuses *exceptions*. Ses points extrêmes vers le Sud, connus jusqu'ici, sont : l'île Cockburn et les parages voisins de la Terre de Danco (64° 12′ S.), où se placent les observations de M. Racovitsa; le « nunatak » Castor, dans l'île des Phoques, étudié par la Mission de l'*Antartic*, et enfin l'île Wandel (65°,4), où M. Turquet, du *Français*, a fait d'intéressantes découvertes. Quant à la limite en altitude de la vie végétale, elle varie nécessairement beaucoup : Skottsberg a encore recueilli des mousses et des lichens à 360 mètres dans l'île Paulet[1].

Une abondance extrême d'Algues de rivage et de Diatomées, qui explique le pullulement des animaux dans certains cantons; de nombreuses espèces de Mousses (50, d'après M. Turquet) et de Lichens, dont quelques-unes bipolaires, tels sont les caractères saillants de cette flore. Mais les Phanérogames n'en sont point absents. Une petite *graminée*, l'*Aira antarctica*, vue déjà par Racovitsa à l'île Cockburn, et par Otto Nordenskjöld sur les rivages découverts du canal d'Orléans, a été trouvée aussi dans l'île Wandel, par M. Turquet. Dans la baie Biscoé, au S. de l'île Anvers, elle forme, dit-il, de véritables « prairies » entre les monticules; elle y est associée, au milieu des mousses, à une pauvre *Caryophyllée*, vue par lui pour la première fois, le *Colobanthus crassifolius*, dont les petites fleurs verdâtres et souffreteuses se distinguent à peine des feuilles[2]. Ces deux plantes entrent dans les peuplements de la Terre de Feu;

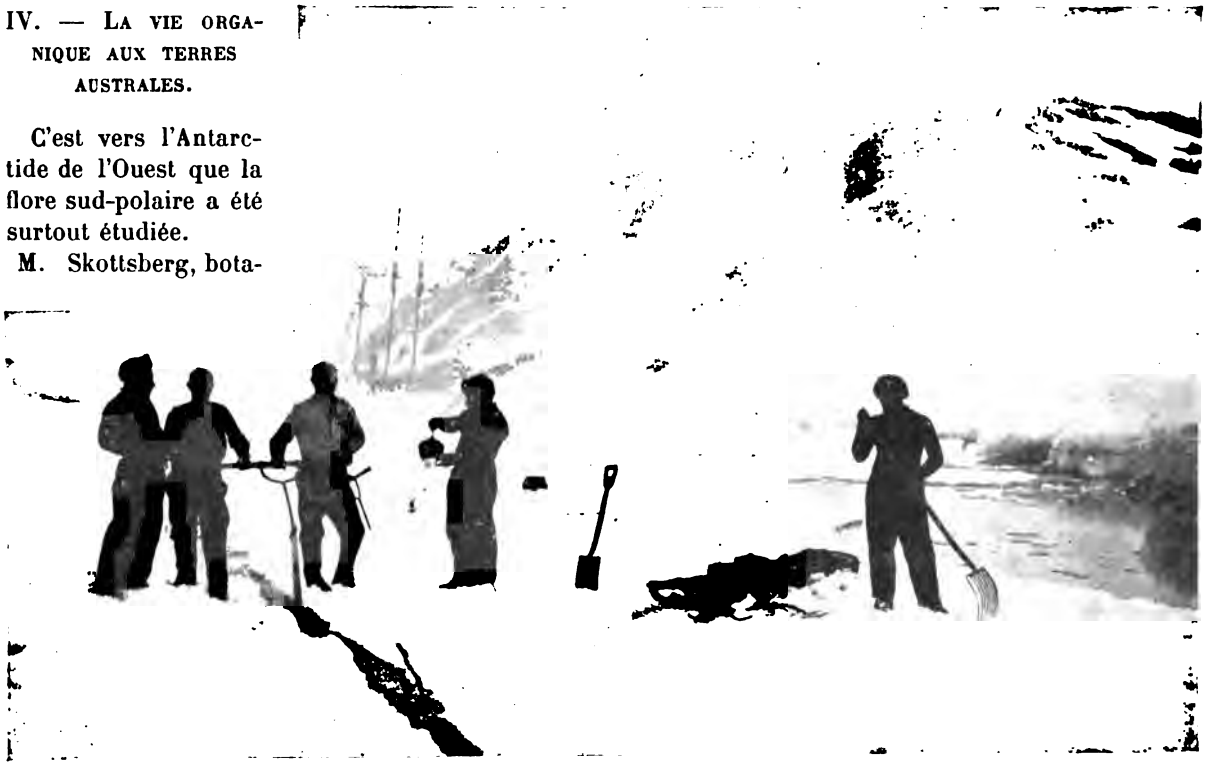


Fig. 5. — *Sciage de la glace (paysage d'été).*

[1] Dans *Geogr. Jo.*, 1904, p. 655, 663.
[2] Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 434, 435.

Digitized by Google

elles se seraient donc, grâce au voisinage, égarées de la flore australe dans le domaine antarctique, au milieu de conditions climatiques tout à fait défavorables. Le Gaussberg, isolé comme un nunatak dans l'immensité des glaces, et loin de tout centre de propagation, ne les a pas présentées aux observateurs.

Les sévères paysages de glaces et de rocs de l'Antarctique sont animés par une *faune nombreuse de Cétacés et d'Oiseaux* d'un facies très original[1]. Les richesses alimentaires de l'eau salée en poissons, en crustacés, en diatomées et en « plankton » fixent ces animaux sur la banquise et, de préférence, à la périphérie; mais ils viennent, durant les mois moins froids, peupler les parties découvertes des rivages, et même la lisière des glaces terrestres; c'est là que se fait, notamment, la reproduction des oiseaux. On constate ainsi des *migrations* d'un grand intérêt géographique et pratique, auxquelles très peu d'espèces paraissent échapper.

Cette faune est différente de celle des îles méridionales du S. des Océans Indien et Atlantique, et de celle de la Terre de Feu, que l'on peut qualifier de « subantarctique ». Elle offre les mêmes caractères à la Terre Victoria que dans l'Antarctide de l'O. Elle renferme *peu d'espèces bipolaires*, sauf, d'après les observations de la *Southern-Cross*, en ce qui concerne les Crustacés. Enfin, certaines variétés littorales de Poissons (du genre *Nothotenidæ*) et d'autres animaux marins, semblables aux survivants de l'âge tertiaire que l'on rencontre le long de l'Amérique du S. et de l'Australie méridionale, autorisent l'hypothèse d'une jonction des terres australes avec ces continents à l'époque de la formation du relief polaire: question qui n'est, d'ailleurs, pas sans incertitudes, comme nous l'avons vu.

Ce sont, on le sait, des baleiniers et des chasseurs de phoques qui ont frayé la route aux expéditions scientifiques dans les parages du pôle Sud. La persistance même de ces entreprises prouve en faveur de la richesse des mers australes en gros animaux. Notons ici particulièrement qu'un des derniers et plus hardis coureurs de gibier polaire, devenu capitaine de l'*Antarctic*, Larsen, est parti avec des projets précis d'installation d'une huilerie dans les îles subantarctiques de l'Amérique méridionale[2]. Toutes les découvertes faites ou à faire en pareille matière profiteront avant tout, évidemment, aux armateurs australiens et argentins, qui ont les bases d'action les plus rapprochées. Peut-être faut-il voir, notamment, dans cette espérance, une explication partielle du concours que le Gouvernement de l'Argentine a prêté à toutes les expéditions sud-polaires visant l'Antarctide de l'Ouest, concours toujours aussi large d'ailleurs qu'empressé. Retenons, en tous cas, le fait que l'intérêt matériel est loin de faire défaut à des voyages dont la science peut, d'autre part, attendre tant de progrès.

La baleine franche n'a pas été rencontrée dans les mers australes, mais les *Megaptères* (jubartes) et les *Baleinoptères* (rorquals) y sont fréquents. Les *phoques* à fourrure fine peuplent partout la banquise, vivant par petites colonies (groupes ou familles), sur la glace. Durant l'hiver, ils passent une partie de leur existence sous la croûte solide, dans l'eau salée moins froide, où leur table est toujours mise, ne communiquant avec le monde extérieur que par des trous de respiration qu'ils entretiennent libres. Les plus gros, l'éléphant de mer, qui peut atteindre six mètres, et le léopard de mer, signalés dans tous les parages visités, mais à l'état rare, appartiennent aussi à la faune subantarctique, et se rencontrent, par exemple, dans la Géorgie du Sud. Mais trois variétés sont spéciales aux glaces sud-polaires. Le *phoque de Weddel* (*Leptonychotes W.*), à la robe gris-fer tachetée, grand mangeur de poissons, et le *crabier* (*Leptodon carcinophagus*), qui fait sa nourriture des crevettes du genre *Euphausias*, très nombreuses partout, sont les espèces les plus communes. Le *phoque de Ross* (*Ommatophoca Rossi*) est celui qui s'étend le plus loin vers le Sud[1].

Parmi les Oiseaux, quelques-uns, qui sont des animaux de haut vol, les pétrels et les albatros, appartiennent aussi à la faune subaustrale. Mais tous les genres présentent des variétés plus spécialement polaires, dont l'ensemble, associé aux manchots, donne à la population animale de la banquise et de la bordure des terres australes un aspect très particulier.

En venant du Nord, c'est un petit pétrel, le *pigeon du Cap* ou *damier*, qui apparaît d'abord, en grande quantité. Puis se montrent : les *sternes*; six variétés de *pétrels*, dont le *Megalestris*, puis le grand pétrel, véritable vautour du pôle Sud, à l'énorme envergure de plus de 2 mètres; enfin des *cormorans* (*Phalocrocorax atripex*), des *goëlands* (*Larus dominicanus*, etc.), des *Chionis* et les *Manchots*. Tous ces animaux sont à *pieds palmés*, sauf les Chionis, et portent ainsi la marque de l'asservissement au milieu aquatique, qui est leur seul réservoir alimentaire. Presque tous sont astreints, comme les phoques, à des migrations qui les éloignent de la terre, dès que le redoublement du froid

[1] De Gerlache : *Ouv. cit.*, p. 190. — Dr Charcot : *Ouv. cit.*, p. 419 (Turquet).

[2] Exemple suivi depuis par M. Ralier du Baty, de l'équipage du *Français*.

[1] V. la relation de Scott, t. II, appendice.

Digitized by Google

élargit et épaissit les glaces côtières, c'est-à-dire dès le mois de mai, et qui les ramènent vers le S. pour la ponte, dès la première quinzaine de novembre. Alors les *rockeries* s'animent tout d'un coup, et les colonies d'espèces diverses viennent s'y disputer la place pour leurs nids d'algues (les cormorans), de mousses et de lichens (les goëlands) ou de simple gravier et de pierres (les sternes). Seuls les cormorans, les goëlands, les chionis, auxquels leur vol résistant permet d'aller chasser très loin, gardent leur attache à la terre durant l'hiver. Les albatros et les pétrels eux-mêmes, grands carnivores, et par conséquent voleurs de gibier et nettoyeurs de cadavres, suivent la grande migration. Quand les phoques et presque tous les oiseaux sont partis, la désolation absolue règne, et les terres polaires paraissent mortes dans leur manteau de nuit, de brumes et de glace.

Les manchots ou pingouins surtout, beaucoup plus nombreux que les autres oiseaux, sont les amis des voyageurs, dont ils approvisionnent, d'ailleurs, largement la table. Toutes les relations abondent en détails sur les mœurs et le caractère à la fois bonasse, vigilant et curieux de ces intéressants oiseaux, dont mille photographies nous présentent sous tous ses aspects la manière d'être et nous montrent la vie en communautés bien organisées (fig. 6). Dans l'Antarctide de l'Ouest, le *pingouin d'Adélie* (*Pygoscelis Adeliæ*) et le *pingouin papou* (*Pygoscelis papoua*) sont les plus fréquents. Les Missions de la *Belgica*, du *Français* et de l'*Antarctic* ont étudié en détail leurs colonies. Le *pingouin antarctique* (*Pygoscelis antarctica*) n'a été vu que par petits groupes dans le détroit de la Belgica et dans l'île Wandel. Le *Français* n'a pas rencontré de ce côté le *grand pingouin empereur* (*Aptenodytes Forsterii*), assez fréquent vers le Gaussberg et vers la Terre Victoria.

Fig. 6. — *Pingouins sur leur rockerie.*

Le genre des Insectes est réduit à sa plus simple expression. Les explorateurs de l'Antarctide de l'Ouest ont reconnu *une mouche* sans aile, l'*Aira antarctica*, qui vit dans les mousses, trois ou quatre variétés d'*Acariens* et la *puce des neiges*[1].

En revanche, les *Poissons* abondent et beaucoup d'espèces sont comestibles. De même les *Mollusques*, principalement une variété de *Patelles*, dont vivent les goëlands. Les Crustacés sont surtout représentés par une petite crevette du genre *Euphausias*, qui nourrit les phoques crabiers et les manchots.

Les genres inférieurs sont très riches et les échantillons rapportés, ainsi que les études faites sur place, ont augmenté l'histoire naturelle de plus d'un chapitre, la paléontologie de plus d'une difficulté. La microbiologie elle-même doit gagner beaucoup, ainsi qu'en font foi les premiers essais de M. Charcot, aux observations sud-polaires.

V. — Conclusion.

Voilà ce qu'ont, en cinq ou six ans, révélé sur l'Antarctide les derniers voyages scientifiques. On sait, maintenant, pourquoi il faut retourner vers le Pôle Sud, et ce qu'il faut surtout y aller chercher. Et tout fait prévoir que, dans les prochaines croisières internationales, la France aura un rôle glorieux, sinon immédiatement profitable.

Les projets étrangers, l'expérience et les résultats de son premier voyage ont conduit M. le Dr Charcot à fixer son choix du secteur dans lequel il va opérer, et à élaborer tout un plan d'études, auquel l'Académie des Sciences a donné sa haute approbation. Deux navires anglais, commandés par MM. Scott et Shackleton, vont se lancer de nouveau à la découverte dans la région de la Terre Victoria et de la mer de Ross; M. Bruce va visiter une troisième fois la mer de Weddel, avec la *Scotia*; M. Arctowski, enfin, de l'ancien état-major de la *Belgica*, va tenter, con-

[1] De Gerlache : *Ouv. cit.*, p. 151. — O. Nordenskjöld : *Ouv. cit.*, p. 295.

Digitized by Google

formément au programme qu'il a fait adopter par le Congrès de Bruxelles, une exploration circumpolaire. M. Charcot a donc jeté son dévolu sur la vaste région située au S.-O. de l'Antarctide occidentale, entre 60 et 140° O. de Paris. C'est de ce côté, au delà de la Terre Alexandre Ier et de l'île Pierre Ier, que la pénétration de la banquise australe, à peine approchée par Bellingshausen et par Wilkes, réserve le plus de surprises. Après une exploration des gisements fossilifères du mont Bransfield et de l'île Seymour, où l'on recueillera de nombreux échantillons qui seront mis en sûreté à Ushuaia ou à Port-Charcot, la Mission tentera de relier par une reconnaissance d'ensemble la Terre Loubet à la Terre Edouard VII. Il est prévu au moins un hivernage à terre, et l'on accomplira sur la glace le plus grand nombre possible de raids et les plus prolongés, non par gloriole de l'espace parcouru, mais pour voir une très vaste étendue de glaces[1]. Une Commission de l'Académie des Sciences a décidé, le 4 février, d'accorder sans réserve le patronage de l'Institut à M. Charcot, et un Comité de douze membres a été nommé pour fixer dans le détail le programme de l'Expédition, d'après les résultats précédemment obtenus. Le Muséum, la Ligue Maritime Française, l'Institut Océanographique se sont largement associés à la préparation, et collaborent au choix minutieux du matériel de locomotion, d'observations, de laboratoire, ainsi qu'à l'instruction préparatoire des observateurs. Enfin, le Gouvernement a obtenu, sur l'initiative du Ministre de l'Instruction publique, le vote d'un crédit assez important. C'est donc bien une grande pensée scientifique et une grande espérance nationale que représente cette Mission. Beaucoup mieux préparé et beaucoup mieux pourvu que le *Français*, le *Pourquoi-Pas* emportera un état-major et un équipage en partie nouveaux, mais qui ne le céderont à l'ancien ni par le courage physique et moral, ni par l'esprit de sacrifice.

Qu'on nous permette d'insister, pour terminer, sur les raisons d'ordre scientifique qui doivent mériter à cet effort l'intérêt le plus vif. Elles ont été magistralement exposées par le Comité de préparation et de patronage, et par M. Charcot lui-même[2].

La région sud-polaire, presque entièrement recouvertes par les glaces, et entourée de grandes mers ouvertes, obéit beaucoup moins que le bassin arctique aux influences lointaines du dehors; les vents et les courants d'origine externe n'y viennent pas créer d'oppositions comme celles que l'on a constatées vers le Nord, entre les faces Ouest et Est du Groënland, par exemple, ou entre les rivages Ouest et Est de l'Atlantique boréal. Le pôle de froid et le pôle magnétique y semblent assez voisins du pôle astronomique. L'isolement des terres et îles australes du reste du monde, récent sans doute, a cependant été si complet que les conditions de milieu et de vie organique y sont spéciales et uniformes. C'est un champ d'expérience unique au monde, non seulement pour les faits locaux qui peuvent y être relevés, mais encore au point de vue de la physique générale et de l'histoire de la Terre.

La question de la réunion des terres antarctiques avec la partie méridionale des continents, non encore résolue d'une façon précise, est grosse de conséquences générales. On peut être, d'abord, mis sur la voie d'une explication décisive de la terminaison en pointe de l'Amérique du Sud et même de l'Afrique. MM. Lacroix et de Lapparent insistent, dans les Instructions rédigées pour le Dr Charcot, sur la nécessité de déterminer jusqu'où s'étend dans l'Antarctique la province pétrographique andine et américaine; elle paraît, d'après les échantillons rapportés par les dernières Missions, englober toute la terminaison de l'Antarctide de l'Ouest; mais un microgranite trouvé à l'île Wandel semblerait indiquer que là commence une province différente, dont ferait partie la Terre Victoria. On voit donc de quelle importance est l'étude aussi détaillée que possible de la Terre Alexandre Ier et de la région qui lui fait suite à l'Ouest[1]. Dans le même ordre d'idées, M. Gaudry, se fondant à la fois sur l'examen des collections géologiques réunies dans l'Antarctide de l'Ouest, et sur les résultats des Missions de la Patagonie et du cap Horn, aboutit à des aperçus d'une vraisemblance qui touche à la certitude[2]. Les caractères de la faune éocène et miocène de Patagonie lui donnent foi en l'existence, pendant le Tertiaire, d'un « continent antarctique immense, à la riche végétation et au climat chaud », dont les terres polaires faisaient partie. Les derniers affaissements qui ont isolé peu à peu ces terres, et l'invasion des glaces qui y a arrêté ou modifié le développement des êtres, doivent se placer à l'époque de la formation des « pampas », c'est-à-dire depuis le Pliocène, qui a vu l'invasion jusqu'en Patagonie des formes zoologiques boréales (mastodonte, tapir, etc.), jusqu'au

[1] Dr Charcot : Programme de l'Expédition française au Pôle-Sud, 1 br. de 12 p., 1908. Le chef de mission compte essayer du ravitaillement par un navire-tender. Il a étudié de très près les moyens d'exploration lointaine des glaces, jusqu'à expérimenter de lourds et solides traîneaux automobiles, qui aideront peut-être beaucoup à se rapprocher du pôle.

[2] Institut de France. Académie des Sciences. Instructions pour l'expédition antarctique organisée par le Dr Jean Charcot, 1 br. in-12 de 48 p. Paris, Gauthier-Villars, 1907. — J.-B. Charcot : Pourquoi faut-il aller dans l'Antarctique? 1 br. in-8° de 16 p. Paris, 1908.

[1] Lacroix : Instructions, p. 11.

[2] Gaudry : Instructions, p. 19-29.

Digitized by Google

début du Quaternaire, où l'homme vivait certainement dans ces parages. La recherche et l'étude dans les Orkneys et dans les Shetlands du Sud, dans l'Antarctide, des limons, des humus contemporains des pampas, est donc une entreprise passionnante au premier chef. Elle offre, dit M. Charcot, un « intérêt voisin de celui que présenterait une expédition lunaire »[1].

Depuis que le pôle Sud s'est séparé des continents et a commencé à se couvrir de glaces, la vie autour de ce pôle a subi, en effet, une évolution tellement spéciale que les théories de bipolarité des espèces semblent aujourd'hui presque réduites à néant. Il s'agit de retrouver le point de départ et les termes disparus de cette évolution. Les micro-organismes répandus dans tous les milieux sud-polaires, en présence desquels les observateurs du *Français* se sont trouvés, sont-ils tous morts depuis des milliers d'années, ou se sont-ils conservés en état de développement dans des conditions de température qui arrêtent ordinairement toute existence? Les glaces doivent cacher, d'autre part, une flore disparue, et les ancêtres immédiats des animaux actuels, non adaptés comme eux au froid extrême, tout un monde éteint, toute « une vie absolument inconnue, mais prévue, qui est morte là faute de pouvoir, par suite du refroidissement du globe, passer plus au Nord[2] ». Toute recherche sur la formation minérale du Globe et sur les conditions de la vie pouvant conduire à des résultats pratiques inattendus, on voit, d'ailleurs, que ces préoccupations ne sont pas exclusivement d'ordre spéculatif.

Il en est, enfin, de même de toutes les études antarctiques précédemment entamées, et qui vont être continuées dans de bien meilleures conditions, en ce qui concerne la Physique du Globe. Pour l'observation des marées, et par conséquent pour les recherches d'attraction solaire et lunaire, les grandes mers libres du pôle, frangées par une ceinture presque régulière de glaces, sont un endroit privilégié. De même, les recherches sur la composition de l'air, celles sur le magnétisme terrestre, sur l'intensité de la pesanteur, si riches en résultats au point de vue de la forme du géoïde et de l'enveloppe gazeuse, peuvent, grâce à la base immobile des terres et des grandes glaces, être entreprises comme en un laboratoire. Le bassin polaire arctique ne présente pas de tels avantages.

Il va sans dire que les efforts simultanés auxquels se préparent les observateurs de diverses nations ne porteront complètement leurs fruits que si toute la correspondance désirable est établie entre eux. M. Charcot a déjà prouvé que la science n'est pas pour lui d'un seul pays[4].

J. Machat,

Professeur d'Histoire au Lycée de Bourges,
Docteur ès Lettres.

[1] Dr Charcot : Pourquoi faut-il aller au Pôle-Sud, p. 14.
[2] Dr Charcot : *Ibid.*
[3] *Revue générale des Sciences*, 30 janvier 1905, 30 mars 1908, 15 avril 1908, 15 mai 1908.

[4] Nous remercions M. le Dr Charcot de l'extrême complaisance avec laquelle il a bien voulu mettre à notre disposition les clichés qui illustrent cet article.

LA FORME DES CARÈNES

Les nombreuses études et expériences auxquelles je me livre sans relâche sur les tourbillons, depuis plus de vingt-cinq ans, ainsi que mes travaux concernant le vol des oiseaux et dont on trouvera quelques extraits dans la *Revue générale des Sciences*[3], me font penser aujourd'hui qu'il serait peut-être utile de publier quelques réflexions au sujet des carènes des bateaux et des formes des véhicules des trains de chemins de fer ainsi que des automobiles.

On a vraiment peine à comprendre pourquoi la plupart des navires, sinon tous, présentent encore aujourd'hui des lignes plus effilées à l'avant qu'à l'arrière, alors que c'est l'inverse qui devrait avoir lieu, et pourquoi aussi, dans les chemins de fer, on n'a fait que quelques timides essais en dotant certaines machines d'un coupe-vent à l'avant, alors que c'est surtout dans les formes de l'arrière, ainsi qu'entre les voitures, qu'il faudrait chercher les améliorations.

Je suis convaincu que, si les Compagnies voulaient entrer hardiment dans une autre voie, elles y trouveraient — principalement en navigation — des économies extrêmement importantes ou, à égalité de combustible, elles obtiendraient des vitesses supérieures aux vitesses réalisées jusqu'ici.

Mais, pour cela, il faudrait consentir à voir ce que fait la Nature pour tout animal appelé à se transporter rapidement dans un fluide et se résigner à en appliquer les enseignements. A ce propos, on reste confondu en lisant, ainsi que j'ai eu l'occasion de le faire, que les moyens dont nous disposons pour la propulsion des corps sont bien supérieurs à ceux de la Nature!

Digitized by Google

I

Occupons-nous d'abord des bateaux, pour lesquels ce seront donc les poissons qui nous fourniront les renseignements, et commençons par la proue.

Sans aucune exception, tous les navires de quelque importance présentent leur étrave suivant un plan vertical. Or, j'ai fait voir que le brochet, poisson obligé à de grandes vitesses afin de se procurer sa subsistance, a son tranchant horizontal; et Houssay a montré ensuite qu'il en est de même, mais d'une façon plus ou moins accentuée, pour toutes les autres espèces.

Quelle peut être la raison de cette disposition si caractéristique, et pourquoi aussi la partie inférieure de la gueule est-elle à peu près plate, tandis que le dessus est fortement bombé?

La réponse me paraît aisée si l'on se demande dans quel sens l'eau aura le plus de facilité à se déplacer; c'est évidemment de bas en haut, puisque, dans ce sens, le liquide n'aura jamais que la hauteur mesurée de la tête de l'animal à la surface de l'eau, tandis que, à droite et à gauche comme aussi vers le bas, l'eau s'étend jusqu'aux rives et jusqu'au fond dans les rivières, et indéfiniment en pleine mer, et ne peut alors se déplacer dans le sens horizontal que sous l'action d'un effort considérable, d'où résulte un travail perdu inutilement. C'est ce que met bien en évidence la « moustache », mot par lequel on désigne cette sorte de gerbe ou vague qui s'élève et s'étale sur le bordé d'un navire de chaque côté de l'étrave, l'eau ne pouvant pas fuir assez vite horizontalement pour donner passage au soc de charrue qui la fend.

Mais une étrave dans le sens vertical, et continuée par un bordé sensiblement vertical aussi, donne lieu à une autre perte, également très importante; une pareille disposition s'oppose, en effet, à ce que j'ai appelé la réciproque de l'inversion de la veine[1] à propos du brochet et que Houssay a mise nettement en évidence en traînant dans l'eau un sac en caoutchouc très souple, rempli, à la densité de l'eau, d'un mélange pâteux déformable, mais présentant un coupant rigide et placé horizontalement à l'avant. Aussitôt qu'il atteignait une certaine vitesse, cette espèce de boudin prenait une forme magnifique de veine inversée.

Si donc l'étrave d'un navire est verticale, le liquide est empêché de reprendre la forme vers laquelle il tend naturellement, et l'on crée ainsi au sein de l'eau un dénivellement et des tourbillons qui font obstacle à la marche du navire et qu'il faut payer en charbon consommé inutilement.

Signalons, en passant, un autre avantage d'une étrave horizontale; on connaît la difficulté de faire virer un grand navire sur un petit rayon : sa muraille verticale éprouve une résistance considérable pour déplacer l'eau, tandis que, placé horizontalement, l'avant-bec facilite singulièrement ce déplacement en agissant à la manière d'une faux. Bien mieux, en pleine marche et à chaque changement de direction, ou bien s'il existe un courant oblique par rapport à l'axe longitudinal du bâtiment, c'est-à-dire quand le navire « dérive », il se produit du côté opposé un vide relatif entre l'eau et le bordé, et l'effet de ce vide équivaut à celui d'un frein; c'est encore du combustible dépensé en pure perte.

II

Si, maintenant, nous abordons la question des lignes d'eau de l'avant, dont, à mon avis, on exagère

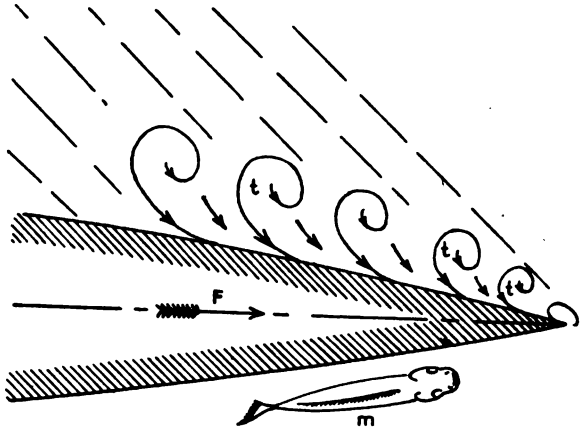


Fig. 1.

la finesse, nous voyons de nouveau que le poisson présente son avant très peu effilé et tout à fait raccourci et que son maître couple se trouve placé très près de sa gueule, ainsi que Houssay l'a fait voir également[1].

Des lignes trop fines à l'avant me paraissent tout à fait nuisibles. Traçons, en effet, une de ces lignes (fig. 1) et supposons le navire en vitesse; à mesure que le bordé s'avance au sein du liquide, il tend à entraîner de l'eau par frottement; mais celle-ci, en vertu de l'inertie, ne peut prendre tout de suite la vitesse du bateau; il en résulte aussitôt des tourbillonnements *t*, *t*, *t*, qui, non seulement déterminent des dépressions accusées par des dénivellations et qui font frein pour le navire, mais

[1] On sait que, lorsque de l'eau s'écoule par un orifice rectangulaire, la veine liquide qui s'en échappe se retourne sur elle-même et prend, à une certaine distance de l'orifice, une position perpendiculaire à celle de cet orifice.

[1] F. Houssay, professeur à la Sorbonne : Notes préliminaires sur la forme des poissons. (Librairie A. Schulz, 1908.)

Digitized by Google

encore obligent des veines liquides à rebrousser chemin dans le sens même de la marche du bateau; ces veines prennent des vitesses de rebroussement de plus en plus grandes à mesure qu'elles sont entraînées par leur frottement contre le bordé et elles finissent par atteindre la vitesse même F du navire, car ce rebroussement est encore accéléré par les dépressions dont je parlais à l'instant et vers lesquelles l'eau se précipite.

Cela est si vrai que, dans les parages où ils fréquentent, on peut voir d'énormes marsouins *m*, de plusieurs mètres de longueur, flanqués de chaque côté de la proue et convoyer le navire en pleine vitesse sans donner le moindre coup de queue pour se propulser. Où prennent-ils le travail qui leur permet d'ainsi progresser, si ce n'est au charbon du moteur? et qu'on veuille bien remarquer qu'ils n'occupent qu'une très faible partie des régions si désastreuses au point de vue de l'utilisation de ce charbon.

III

Voyons, à présent, l'arrière, où se trouve, à mon sens, la plus importante perte de travail; à cet arrière, en effet, et contrairement à ce qui existe à l'avant, suivant les errements en cours, les lignes d'eau me paraissent en général ne pas présenter, il s'en faut de beaucoup, la finesse nécessaire pour permettre à l'eau, durant le passage du bateau, de reprendre sa place en temps voulu et éviter ainsi la formation de tourbillons dont la conséquence est un abaissement de la surface qui fait obstacle à la progression du bateau.

La cause qui peut obliger l'eau à reprendre son niveau et à revenir contre le bordé, ainsi qu'il conviendrait, réside uniquement dans la pesanteur.

Afin de mieux m'expliquer, traçons la ligne de flottaison d'une poupe très peu effilée (fig. 2). Pendant le temps que met le navire à parcourir la distance *ab*, et pour qu'il n'y ait pas de dénivellation, il est nécessaire que l'eau puisse suivre assez vite suivant les flèches *f*, *f*, *f*..., et combler les espaces successifs qui tendent à s'ouvrir devant elle par la fuite du bordé, de telle manière qu'une goutte considérée en *a* se retrouve en *c* sur l'étambot lorsque celui-ci sera parvenu en face du point *a*.

On voit que cette condition ne peut être remplie que si le navire présente des lignes très fines et, par conséquent, très allongées. Dans un tracé semblable à celui de la figure, et pour peu que la vitesse du navire soit un peu grande, il arrivera forcément que l'eau n'aura pas le temps de reprendre sa place le long du bordé; elle ne pourra donc pas combler le gouffre indiqué sur la figure par les lignes tourbillonnantes et qui s'ouvre à mesure en agissant tout le temps comme si le bâtiment en avait un autre à sa remorque. C'est alors un véritable gaspillage de combustible.

Pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup d'œil sur un canot de course ou sur un torpilleur, dont l'avant se relève démesurément alors que l'arrière disparaît comme aspiré dans un trou béant, ou bien de contempler le sillage qui s'étend à perte de vue et sur une très grande largeur à la suite d'un navire en vitesse. L'écume qui caractérise un pareil sillage ne saurait provenir uniquement des vagues soulevées par le passage du bateau, car ces vagues ont bientôt fait de se calmer, du moins dans la mesure suffisante pour ne plus se briser à leurs cimes en panaches moutonneux. Il me semble plus naturel de penser que c'est l'air

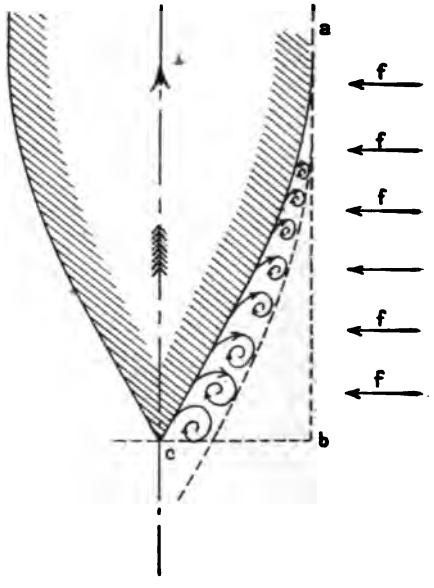


Fig. 2.

vrillé à grande profondeur par les innombrables tourbillons parasites qui remonte petit à petit à la surface, où les bulles viennent nacrer l'immense nappe blanche que laisse derrière lui un navire en vitesse.

Si pareil spectacle est une réjouissance pour les yeux, ne donne-t-il pas, par contre, le tableau navrant de l'énorme travail perdu et qu'a dû fournir la machine pour soulever ainsi la mer, travail que celle-ci restitue maintenant, mais uniquement pour étaler au large la fureur de ses lames et reprendre son calme primitif — ainsi que pour rendre à l'atmosphère ses milliards de bulles d'air décomprimé?

IV

Le tourbillonnement occasionné par les dépressions résultant de l'insuffisance de finesse des lignes d'arrière et par la friction de l'eau le long de ces

Digitized by Google

lignes, ce tourbillonnement peut avoir des conséquences bien autrement graves encore; en effet, pour peu que la vitesse du navire s'accentue, les tourbillons parasites prennent des vitesses de rotation tellement rapides autour de leurs axes qu'ils deviennent de véritables machines soufflantes, prenant l'air par leurs pavillons à la surface et conduisant cet air à la profondeur du tirant d'eau du navire en le vrillant en tous sens au sein de la mer et en le semant en bulles de tous côtés, ainsi qu'on peut en voir de nombreux exemples, mais sur une échelle réduite, soit en amont de certaines vannes de retenue, mais entr'ouvertes du bas, et en aval desquelles les bulles reviennent à la surface, soit derrière un aviron actionné par une main robuste.

L'eau devient alors une véritable émulsion d'air, dont la densité est, par conséquent, très inférieure à celle des régions situées à l'avant du navire, et l'hélice, par sa rotation, achève de fouetter la crème tout en donnant elle-même un mauvais rendement, puisqu'elle fonctionne au sein d'un liquide de densité très amoindrie.

On voit aussitôt la conséquence de cet état de choses, car le navire peut être considéré comme un piston entravé dans sa marche par la différence dans les pressions résultant des différences dans les densités du liquide à l'avant et à l'arrière.

Pour peu que la vitesse du navire augmente encore, l'action devient désastreuse, car alors il se forme des serpents d'eau[1] qui ne contiennent plus que de l'air raréfié. Même, en dessous de la flottaison, l'eau peut quitter complètement certaines régions du bordé, étant dans l'impossibilité de le suivre dans sa fuite rapide, et aussitôt intervient la pression atmosphérique qui s'ajoute à la poussée de l'eau à l'avant du navire pour l'enrayer dans sa marche.

Si l'on traîne horizontalement dans l'eau un disque vertical et si la vitesse est faible, on voit l'eau revenir en tourbillonnant et remplir à mesure la place que ce disque tend à vider à son arrière. Mais, si la vitesse de traction est augmentée, l'eau ne peut plus revenir du tout, et l'on constate, derrière le disque, une calotte vide d'eau et, jusqu'à un certain point, vide d'air, car ce n'est que l'air en dissolution dans l'eau qui pourrait y entrer. Il en va de même à l'arrière d'une carène insuffisamment effilée, avec cette circonstance aggravante que ces suçoirs se remplacent sans cesse par de nouveaux, en raison du tumulte environnant, en sorte que l'air n'a plus le temps de quitter sa dissolution et qu'on se trouve en présence d'un vide presque parfait.

Je pense qu'on doit voir là une des raisons prédominantes de l'énorme augmentation de puissance qu'il faut donner aux machines à partir d'une certaine vitesse pour gagner une très faible augmentation dans la vitesse d'un navire.

Je crois donc indispensable d'allonger dans de fortes proportions les lignes de fuite de la carène en rapprochant leur origine de l'avant du navire, ce qui n'est pas du tout la même chose que de creuser ces lignes; si celles-ci présentaient des courbes concaves, le mal serait plus grand encore.

Tout revient, en définitive, à faire ce qu'a indiqué la Nature pour le poisson, c'est-à-dire à placer le maître couple très près de l'étrave et à effiler les lignes le plus possible, mais sans rentrées depuis le maître couple jusqu'à l'étambot.

C'est, du reste, une loi universelle et qui se vérifie toutes les fois qu'un corps quelconque doit vaincre un obstacle; c'est toujours le gros bout qu'il présente en avant, depuis l'infime vibrion jusqu'au fleuve majestueux, en passant par l'œuf que pond la poule ou l'enfant qui vient au jour.

En conversation, on m'a dit plusieurs fois que je devais me tromper et que la loi n'était pas aussi générale, attendu que certains oiseaux, tels que la cigogne ou le héron, sont beaucoup plus pointus à l'avant qu'à l'arrière.

J'ai dû répondre à mes contradicteurs que, tout en regardant, ils n'avaient pas vu. Si les oiseaux en question ont de longs cous emmanchés de longs becs, c'est apparemment afin de pouvoir saisir leur proie au pied des hautes herbes ou en profondeur dans les rivières; que, d'ailleurs, l'ensemble formé par le cou et le bec est d'un volume réduit et dont la mauvaise influence disparaît en partie relativement à celle du corps proprement dit; que celui-ci rentre bien dans le cas général, étant gros à l'avant et se terminant par une queue effilée au point de quitter l'air avec une épaisseur nulle; qu'enfin, dans leur vol, le héron et ses analogues se font un goitre en contournant leur cou et en le ramassant contre l'avant de leur corps.

La forme idéale d'une carène serait donc celle qui, par son rapide passage dans l'eau, ne donnerait naissance à aucun de ces tourbillons parasites si nuisibles et que les formes du poisson permettent d'éviter complètement.

Bien entendu, du moins pour les bâtiments naviguant à la surface et qui doivent nécessairement émerger, cet idéal ne saurait être réalisé d'une manière absolue; mais il est certainement possible de s'en rapprocher beaucoup plus qu'avec les tracés habituels.

Pour tout bateau naviguant à la surface, il

[1] C'est ainsi qu'on appelle en Suisse ces tourbillons à axe plus ou moins horizontal dont l'intérieur est vide d'eau et qui persistent en amont de deux vannes ouvertes et situées à assez grande distance l'une de l'autre.

Digitized by Google

faudra se résigner à subir la perte occasionnée par le fait que, dans le sens longitudinal, l'eau sera empêchée de décrire ces doubles vis de pas inverses qui doivent passer d'un bord à l'autre pardessus le corps immergé. J'insistais tout particulièrement dans mes brochures relatives aux tourbillons[1] sur ce phénomène, que Houssay vient également de mettre en lumière par de très ingénieuses expériences; il fixait par un de leurs bouts, et sur la peau des poissons vivants, de nombreux fils de soie rouge très légers; il observait alors ces fils pendant que le poisson filait en ligne droite après un violent coup de queue et il les voyait tous s'enrouler autour du corps suivant des hélices de pas inverses. Les sous-marins pourraient être dotés de formes convenables pour éviter la perte résultant de ce chef.

Afin de bien préciser ma pensée, je joins à cet article la figure 3, qui représente une coque établie d'après les considérations développées ci-dessus; mais il est entendu qu'elle ne doit être regardée que comme une simple indication générale. On remarquera que l'arrière est également muni d'une poupe immergée et tracée en prolongement des lignes d'eau. Elle est destinée non seulement à éloigner l'hélice du bordé, afin de diminuer dans la mesure du possible l'action néfaste de l'émulsion aérienne derrière le bordé, mais encore afin que cette hélice travaille elle-même dans une eau déjà moins mélangée d'air et puisse, par suite, donner un meilleur rendement.

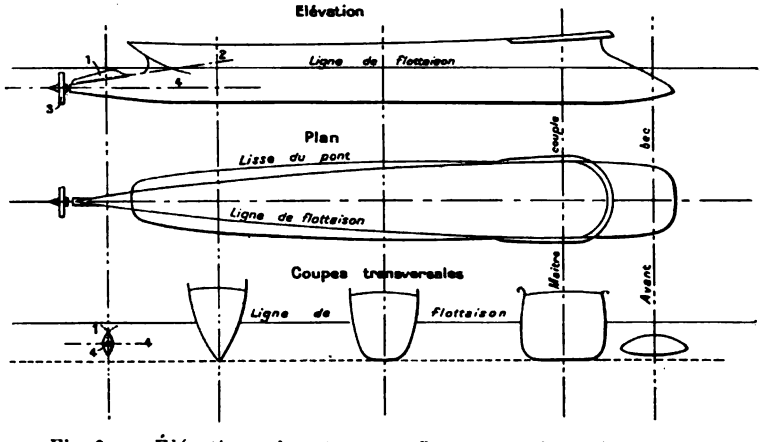


Fig. 3. — *Élévation, plan et coupes d'une coque de navire normale.*

Le gouvernail est alors articulé sur l'arête supérieure de cette poupe et son axe incliné traverse un presse-étoupes. Dans cette situation, ce gouvernail sera pour le moins aussi efficace que si son axe était vertical et il aura le double avantage d'offrir une moindre résistance à la marche du bâtiment et de se manœuvrer lui-même avec un moindre effort.

Il va de soi que les objections surgiront innombrables, et cela à tous les points de vue : qualités nautiques, encombrement, aménagements, etc. Toutefois, le roulis et le tangage disparaissent pour la navigation fluviale. Pour la mer, il faudrait faire des essais sur une assez grande échelle et sans se laisser arrêter par les objections. Il est certain que ces essais seraient délicats et fort coûteux, mais j'ai la profonde conviction qu'ils donneraient lieu à des résultats extrêmement avantageux.

V

Les Compagnies de chemins de fer pourraient, elles aussi, réaliser de notables économies de charbon. On a déjà essayé le coupe-vent à l'avant de la machine, mais il faudrait, autant que possible, munir de capotes en tôle mince toutes les saillies latérales ou autres et éviter avec le plus grand soin les angles rentrant par derrière, tels les capots des roues, l'abri du mécanicien, etc.

Puis, ce qui me paraît plus important encore, il conviendrait de supprimer les vides entre les voitures, car, derrière chaque paroi verticale, il existe un tourbillonnement formidable, qui donne lieu à une forte dépression enrayant chaque voiture, sans parler de l'effet du vent, quand il s'élève.

On relie déjà entre elles par des couloirs les voitures des trains rapides, mais dans un but différent et d'une manière insuffisante au point de vue de la question qui nous occupe. Il conviendrait de reporter ces cloisons vers l'extérieur et en prolongement de toutes les surfaces des caisses et de les rendre aussi lisses que possible, tout en restant élastiques, afin de se prêter aux mouvements.

Il me paraît facile d'atteindre le but en établissant ces parois au moyen de ressorts à boudins horizontaux de 12 à 15 millimètres de diamètre et juxtaposés, sur lesquels seraient cousues à petits plis, intérieurement et extérieurement, de fortes toiles, les coutures et les plis étant faits dans le sens vertical.

Quant au véhicule d'arrière formant poupe, sans arriver, bien entendu, à l'effilement d'un oiseau et de sa queue, on pourrait cependant l'établir avec

[1] Paris, Gauthier-Villars, 1889, 1899, 1903, 1904. Brochures dont il me reste un certain nombre d'exemplaires, dont je ferais hommage avec grand plaisir à tout lecteur que ces questions intéresseraient tout particulièrement.

Digitized by Google

une longueur suffisante pour obtenir un résultat bien appréciable, et ce véhicule pourrait servir aux bagages et à l'abri des conducteurs.

En tous cas, si ces quelques lignes n'ont pas la fortune d'être agréées par les Administrations des chemins de fer, peut-être seront-elles profitables aux constructeurs d'automobiles, absolument libres de prendre telles formes et dispositions qui conviennent aux vitesses qu'on réalise à ce jour; du coup, ils atteindraient ces vitesses avec des moteurs bien moins puissants que les moteurs adoptés et nécessaires avec les caisses usuelles.

Ch. Weyher.

REVUE ANNUELLE D'AGRONOMIE

I. — La fertilité du sol et les théories nouvelles.

Nous avons exposé sommairement, l'année dernière [1], dans notre revue annuelle d'Agronomie, les théories des chimistes américains du « Bureau des Sols », théories qui se rapportent à l'épuisement de la terre arable et à sa fertilité. Pour MM. Cameron, Bell et Whitney, les minéraux du sol se *dissolvent* d'une façon continue. En se dissolvant, comme ils sont constitués par des acides forts et des bases fortes, ils sont plus ou moins complètement hydrolysés. Généralement, le produit d'hydrolysation le plus fort reste en solution et le plus faible est plus ou moins complètement précipité. C'est grâce à ce mécanisme que les principales substances minérales servant de nourriture aux végétaux seraient dissoutes et mises à leur disposition [2].

En outre, et c'est là le point essentiel, les chimistes américains admettent que, tous les sols contenant pratiquement les mêmes minéraux, et les mêmes phénomènes s'y produisant, on doit s'attendre à trouver dans la terre des solutions identiques. Voici leur conclusion :

« La concentration des solutions circulant dans les terres arables, en ce qui concerne les principaux éléments nutritifs pour les végétaux, *suffit au développement des récoltes*. En outre, cette concentration est pratiquement la même pour tous les sols. »

Dans une conférence dont nous avons déjà parlé [3] et qui a été faite devant le Club des Agriculteurs du Maryland, le Professeur Whitney dit expressément :

« Afin de démontrer nos affirmations, et d'en obtenir une démonstration certaine, étant donné que ces idées sont absolument contraires à celles que l'on avait tirées de l'étude des terres épuisées, et étant donné aussi le bénéfice que l'on peut retirer de l'emploi des engrais, le Bureau des Sols a envoyé un certain nombre de ses auxiliaires dans toutes les régions des États-Unis. Ces auxiliaires devaient faire des déterminations en plein champ à l'aide des méthodes les plus sensibles. Ils ont extrait les solutions constituant l'humidité réelle des terres arables, et ils ont reconnu que *ces terres contenaient toutes des proportions pareilles d'acide phosphorique, de nitrates, de potasse et de chaux.* »

Pour expliquer la possibilité du développement des végétaux dans des sols renfermant très peu de matières nutritives, et, par suite, des doses infinitésimales de ces substances contenues dans les solutions analysées, M. Whitney rappelle les expériences décisives qui se rapportent aux algues : « Le pouvoir absorbant des végétaux pour les substances dissoutes est, en effet, extraordinaire. On peut s'en convaincre en considérant les algues de mer d'où l'on extrait l'iode. Cet iode provient de l'eau, et celle-ci en contient pourtant si peu qu'on ne peut arriver à le déceler avec des méthodes excessivement délicates, même en concentrant le liquide jusqu'à un volume très faible. Les algues sont pourtant capables de retrouver l'iode dans les solutions infiniment diluées pour le fixer et l'accumuler dans leurs tissus.

« Mais, pour en revenir à la terre arable, il n'est pas douteux que les plantes ne puissent vivre avec des aliments nutritifs encore moins concentrés que ceux des solutions des sols. »

Dans ces conditions, à quoi pourrait être attribué l'épuisement du sol; comment expliquer également l'action des engrais apportant des matières nutritives dont la terre, d'après les opinions émises par M. Whitney, n'aurait pas besoin pour fournir aux plantes les aliments nécessaires?

Voici comment le professeur américain expose et commente sa théorie :

« Les plantes ne peuvent vivre que dans un milieu sain. Comme les animaux, elles rejettent des *excreta* dont elles doivent se débarrasser. Les cultures de bactéries nous montrent constamment des preuves de cette affirmation. En effet, si on laisse des bac-

[1] Voir la *Revue* du 30 avril 1907, t. XVIII, p. 319.

[2] Frank K. Cameron et James M. Bell : *Les constituants minéraux et les solutions des sols*. Traduction par H. Fabre. Coulet, Montpellier, 1907. (Chapitre : « La Solubilité permanente des minéraux et l'hydrolyse ».)

[3] Conférence aux agriculteurs du comté de Queen-Anne (Maryland). Avril 1906. Washington D. C.

Digitized by Google

téries vivre un temps suffisant dans un milieu donné, il vient un moment où elles se tuent elles-mêmes par leurs propres excreta. C'est ainsi que, dans des cultures de bactéries nitrifiantes, il faut ajouter de la chaux pour neutraliser l'acide nitrique excrété par ces organismes, acide qui, si on le laissait s'accumuler, les tuerait sûrement. C'est la même raison qui fait chauler les terres, car on détruit ainsi, ou tout au moins on modifie les émanations des bactéries, ce qui leur permet de se remettre au travail.

« Il faut donc assainir les terres comme on assainit les écuries ou les étables. Si on négligeait de le faire, les substances rejetées par les végétaux ou formées par l'action des bactéries produiraient des substances acides, toxiques, qui pourraient affecter gravement et peut-être tuer les plantes cultivées.

« Je crois qu'il me sera aisé de démontrer qu'il y a de ces substances toxiques dans la terre arable; je crois tout au moins pouvoir arriver à ce résultat que cette idée semblera si naturelle aux agriculteurs qu'ils l'accepteront et chercheront dans leurs exploitations à en faire les applications pratiques que je signalerai.

« Il n'est pas logique, en effet, d'admettre l'idée de l'épuisement d'une terre arable, après les expériences où nous avons pu montrer que l'emploi d'engrais ne rendait pas toujours certaines terres immédiatement productives. Il y a, par exemple, dans nos Etats de l'Est, des régions de *terres épuisées* que l'emploi des engrais salins ne peut fertiliser. On a beau ajouter des proportions quelconques de potasse, d'acide phosphorique et de nitrates : elles ne redeviennent pas fertiles pour cela. Cette infertilité est certainement due à la présence de substances toxiques dans le sol lui-même.

« C'est là un phénomène que l'on connaît déjà, quand on retourne certains sous-sols des champs. Il y a, en effet, des sous-sols qui sont toxiques pour la végétation, quand on les mélange à la terre arable. Par conséquent, s'il est parfois bon de faire des labours profonds, il y a des cas où les labours profonds sont dangereux (en particulier quand on fait des labours superficiels durant plusieurs années), car les labours profonds ont l'inconvénient de remonter le sous-sol à la surface et de le mélanger au sol. Il s'ensuit que ce sol peut parfois devenir infertile pendant plusieurs années.

« Je connais un cas typique de ce genre qui s'est présenté dans un des Etats de l'Est, chez un propriétaire possédant une prairie sur laquelle fut établie une ligne de chemin de fer. Cette prairie avait donné d'excellents rendements pendant plusieurs années. Le remblai de la voie fut établi précisément à travers la prairie. Il y demeura plusieurs années; mais, à la suite d'un abandon de la voie ferrée, le propriétaire fut autorisé à enlever la partie du remblai qui recouvrait son champ. Il put ainsi exposer de nouveau à l'air et au soleil le sol de son ancienne prairie. Mais il lui fut impossible d'y faire pousser de nouvelles herbes. Il en fit cependant l'essai pendant plusieurs années : son sol, après avoir été ainsi recouvert, était devenu un véritable sous-sol infertile.

« Il n'y a d'ailleurs pas que le sous-sol qui soit, dans certains cas, toxique pour les végétaux, tant qu'on ne l'a pas exposé à l'air sous une faible épaisseur : le fumier lui-même peut être parfois également toxique, si l'on n'a pas eu le soin de l'aérer avant son emploi.

« Un des exemples les plus intéressants que l'on puisse citer pour démontrer qu'il se forme des substances toxiques dans la terre, et qu'il en est de nocives seulement pour certaines récoltes, est donné par une série d'expériences de Lawes et Gilbert. Il s'agit de cultures de pommes de terre répétées pendant quinze ans sur un même champ. Au bout de cet intervalle de temps, les pommes de terre ne se développaient plus du tout. D'après les conceptions anciennes, le champ était épuisé et devait manquer à coup sûr de certains éléments nutritifs indispensables aux végétaux. Or, et cela nous semble étrange avec la conception de l'épuisement du sol, bien que cette terre fût épuisée pour les pommes de terre, elle put alimenter d'autres récoltes.

« Cependant, les analyses ordinaires montrent qu'il y a les mêmes éléments dans toutes les plantes: leurs proportions varient parfois, mais ils y sont présents, et, autant que nous le puissions savoir, tous y sont nécessaires. Le champ « épuisé » en question, ensemencé avec de l'orge, donna une récolte de 75 boisseaux. »

Nous voilà, par conséquent, en présence de divers faits d'expérience que M. Whitney explique d'une façon spéciale. C'est une hypothèse qu'il propose pour permettre de se rendre compte d'une « résultante » dont les éléments sont inconnus. L'expérience suivante lui fournit encore l'occasion d'interpréter de la même façon les résultats obtenus:

« Voici un petit pot qui contient environ une livre de terre (455 gr. 54) et six plants de blé en plein développement. Si nous laissions ces plants de blé se développer pendant trois semaines et si nous les coupions au moment où ils ont à peu près cette taille (*le professeur montre un des pots*), pour les remplacer immédiatement par six autres plants, nous pourrions voir que le développement de cette seconde série serait à peu près moitié moindre que dans le premier cas.

Digitized by Google

« D'après les théories anciennes, ce fait serait dû à l'épuisement de la partie nutritive de la terre du pot ayant déjà porté une récolte. Mais, s'il en était ainsi, il doit nous être possible de lui ajouter de nouvelles substances nutritives de manière à rendre possible le développement d'autres récoltes. Or, l'expérience montre que, quoique nous ajoutions et au delà tous les éléments nutritifs que peut exiger une seconde récolte, nous ne pourrons pas obtenir que celle-ci se développe convenablement, si elle est de la même espèce que celle qui l'a précédée, et si on la met en terre immédiatement après qu'on en a enlevé cette dernière.

« Que faut-il donc faire pour obtenir une récolte dans ce pot paraissant épuisé? Il suffira d'en mélanger intimement la terre à des *pois à vache* coupés menus, comme on le fait d'ailleurs dans les champs. La récolte que donnera alors le pot sera double de ce qu'elle eût été, et égalera celle qu'eût fournie de la terre venant directement du champ. Grâce à cette adjonction de pois à vache (cow-pea), il sera possible de faire développer trois récoltes de blé successives dans un même pot, sans que la production s'abaisse au niveau où elle se limitait avant ce traitement de la terre. »

Quelle est donc ici l'action exercée par l'engrais vert, apportant en somme de la matière organique beaucoup plus que des substances minérales?

« La matière organique du fumier et des engrais verts, réplique M. Whitney, pouvant se transformer facilement en *humus*, *semble purifier* la terre arable, en modifiant ou en enlevant les substances organiques toxiques laissées par les récoltes précédentes. La certitude que la terre n'est pas épuisée en éléments nutritifs pour les végétaux est démontrée par le fait que, en dépit des apports de matières nutritives qu'on peut faire au sol dont je vous parle, il n'est pas possible d'obtenir immédiatement une seconde récolte aussi belle que la première. »

Le professeur américain est naturellement amené à expliquer de la même manière : 1° les façons culturales qui peuvent débarrasser la terre des substances toxiques excrétées par les végétaux, et ce par l'aération ou l'oxydation; 2° la pratique des assolements, « faisant croître chaque année dans chaque champ une récolte qui ne se trouve pas incommodée par les *excreta* de la récolte qui l'a précédée ».

Nous sommes, il convient de le répéter, en présence d'une hypothèse, celle qu'a émise de Candolle, il y a plus de soixante-dix ans, et qu'il a formulée dans son ouvrage sur la Physiologie végétale [1] :

« Les excrétions des racines, dit-il, quoique moins bien connues (que celles des parties foliacées), paraissent jouer un rôle plus important et méritent une attention particulière.

« MM. de Humboldt et Plenck ont eu l'idée ingénieuse de chercher dans ce fait la cause des attractions et des répulsions de certaines plantes. Ainsi, si, comme on l'admet généralement, la cirse des champs nuit à l'avoine, l'euphorbe et la scabieuse au lin, l'érigeron âcre et l'ivraie au froment, etc., cela *pourrait être dû à ce que les plantes suintent par leurs racines quelque chose de nuisible à la végétation des autres*. Si, au contraire, la salicaire se plaît auprès du saule, la truffe auprès du chêne ou du charme, etc., c'est que peut-être elles tirent parti de quelque excrétion des racines de ces végétaux.

M. Macaire a confirmé par l'expérience ces données de l'observation : il a vu que des haricots languissent et meurent dans de l'eau qui renferme la matière préalablement exsudée par les racines d'autres individus de la même espèce, tandis que des plantes de blé prospèrent dans cette même eau chargée des excréments d'une légumineuse : fait important par sa liaison avec les données générales de l'Agriculture.

On voit que, dans la pensée de de Candolle, il s'agit également d'une hypothèse.

Tout dernièrement, une Note de MM. Pouget et Chouchak, présentée à l'Académie des Sciences[1], vint confirmer les opinions émises par de Candolle et Whitney. Les auteurs rappellent que la culture *continue* des légumineuses fourragères, telles que le trèfle et la luzerne, est impossible. Durant les premières années, les récoltes sont bonnes; elles diminuent ensuite et deviennent même si faibles que la culture doit être interrompue. L'explication admise généralement est celle qui vise *l'épuisement du sol en principes nutritifs*.

Mais, disent MM. Pouget et Chouchak, si cet épuisement est un des facteurs de la fatigue du sol, il en est un autre qui doit avoir une influence prépondérante. Les animaux, ainsi que les végétaux inférieurs tels que les levures, sécrètent des produits qui gênent leur développement et qui sont pour eux de véritables poisons.

« Il est difficile d'admettre que les végétaux supérieurs fassent exception à cette règle; ils doivent, eux aussi, excréter des principes toxiques lorsque le sol qui les porte n'est pas largement aéré. Ces produits, qui s'y accumulent peu à peu, peuvent provoquer le dépérissement des végétaux. »

Pour vérifier cette hypothèse expérimentalement, les auteurs ont employé la méthode suivante :

[1] A. P. DE CANDOLLE : Physiologie végétale ou exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux. Paris, Béchet, 1832, 3 vol. in-18°. T. III, p. 1474 et suiv.

[1] *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 9 décembre 1907, p. 1200.

Digitized by Google

60 à 80 kilogs de terre prélevée dans une vieille luzernière sont épuisés par l'eau distillée; le liquide filtré est évaporé à sec à température aussi basse que possible (au-dessous de 40°). L'extrait ainsi obtenu est divisé en deux parties : l'une est incorporée à de la terre prise dans un champ qui n'a jamais porté de luzerne, l'autre est calcinée et les cendres sont à leur tour mélangées avec une égale quantité de la même terre. Les terres ainsi préparées sont réparties dans des pots d'une contenance de 5 kilogs: un troisième pot, rempli avec la même terre, sans aucune addition, sert de témoin.

« Dans certaines expériences, nous avons aussi mis en œuvre — disent les auteurs — un extrait alcoolique de terre de luzerne, et un extrait aqueux de terre n'ayant jamais porté de luzerne et abandonnée depuis deux ans à la végétation spontanée. Nous nous sommes attachés à ce que les pots fussent aussi identiques que possible : même poids de terre ou même degré de finesse, même mode de remplissage, même degré d'humidité (20 °/₀). Dans chaque pot, la terre repose sur une couche de sable disposée au fond et en communication avec l'air par un tube de verre de 15 mm. de diamètre.

« Tous les pots ont la même tare ; il est facile, en les mettant sur la balance, de suivre journellement la marche de la végétation et de maintenir la terre au même degré d'humidité.

« Les graines de luzerne sont mises au germoir; on choisit des plantules aussi identiques que possible, qu'on plante dans la terre des pots; après quelques jours, lorsque la reprise s'est bien effectuée, on supprime toutes les plantules qui paraissent anormales et on laisse le même nombre des autres dans chaque pot... »

Voici maintenant les conclusions que les expérimentateurs tirent des résultats de leurs essais :

1° *L'extrait aqueux de terre de luzerne* CALCINÉ *n'a pas produit d'action sensible sur la végétation, bien qu'il réalise un apport de substances minérales nutritives;*

2° *L'extrait aqueux de terre de luzerne* NON CALCINÉ *produit toujours une diminution de récoltes, qui ne peut être attribuée qu'aux matières organiques qu'il contient;*

3° *L'extrait aqueux de terre abandonnée à la végétation spontanée produit un accroissement de récolte, bien qu'il contienne lui aussi des matières organiques.*

*L'*ACTION NOCIVE *de l'extrait de terre de luzerne est donc nécessairement due aux sécrétions de la luzerne elle-même; leur action est comparable à celle des* TOXINES. *Nos expériences montrent, en effet, que l'extrait alcoolique de terre de luzerne n'a pas d'action sur la végétation de cette plante; de plus, Karravitsch, Dumont et Dupont, dans leurs recherches sur les causes de la fatigue des terres pour les trèfles ou la luzerne*[1], *ont constaté que les terres préalablement stérilisées par la chaleur donnent toujours des rendements supérieurs à ceux des terres non stérilisées.*

L'hypothèse émise autrefois par de Candolle, soutenue par Liebig et reprise dernièrement par Milton Whitney, se trouve ainsi expérimentalement vérifiée.

Ces expériences constituent une hypothèse nouvelle et fort intéressante à l'appui de celles que nous avons indiquées. Il est cependant impossible de prévoir exactement la portée pratique de ces essais et des théories qui s'y rapportent. A l'heure actuelle, l'assolement d'un domaine, c'est-à-dire la division de la surface cultivée en « soles » sur lesquelles les mêmes plantes sont cultivées à intervalles réguliers, cette « rotation », disons-nous, n'est pas seulement déterminée par la nécessité de faire succéder les uns aux autres des végétaux dont les *excreta* seraient nuisibles si la culture d'une même plante était continue.

Faire porter à la terre les mêmes moissons, lui demander les mêmes récoltes, cultiver sur elle les mêmes plantes textiles ou oléagineuses, ce serait, au point de vue de l'économie agricole, un tour de force aussi extraordinaire qu'inutile.

Nous avons besoin, en effet, de toutes les productions rurales qui se succèdent annuellement les unes aux autres sur les mêmes champs.

L'agriculture est la seule industrie qui produise ordinairement, et *puisse* en tout cas produire les matières premières dont elle a besoin. L'espace étant limité, c'est-à-dire la surface cultivable étant restreinte pour la France, par exemple, à une trentaine de millions d'hectares de terres labourables, il ne saurait nous être utile de cultiver partout du froment, puisque nous avons besoin de fourrages pour nos animaux domestiques, d'avoine pour nos chevaux, de grains destinés à l'alimentation de nos bœufs à l'engrais, de nos moutons ou de nos volailles, de pailles, etc.

Alors même que l'on démontrerait expérimentalement d'une façon irréfutable que les racines des plantes sécrètent des substances nocives pour les mêmes végétaux se succédant sur le même sol, alors même que l'on arriverait à neutraliser toutes les « toxines », la culture continue de la même plante sur toute la surface d'une exploitation rurale ne serait ni possible, ni désirable *économiquement*.

Une autre loi préside au choix des végétaux qui font partie d'une « rotation » : nous voulons parler de ce que de Gasparin appelle la loi « dérivant des forces disponibles pour la culture »[2] :

[1] *C. R.*, t. CXLIV, 6 mai 1907.

[2] I. LIEBIG : Lettres sur l'Agriculture moderne. 7e lettre.

Digitized by Google

« Partout où l'on ne peut se procurer à volonté, en toute saison et à des prix convenables, les forces nécessaires à l'exploitation, l'assolement doit être combiné de manière à égaliser le plus possible les travaux entre les différentes saisons de l'année. Quand les forces animales ne sont utiles que pendant une saison, il faut faire la culture au moyen d'animaux que l'on puisse facilement vendre et racheter en temps convenable, et quand on ne peut pas se procurer aisément les forces humaines auxiliaires, on doit éviter les cultures qui en exigent impérieusement l'emploi, et leur substituer, quand cela est possible, l'action des attelages. »

Enfin, il est une autre loi dont on ne saurait davantage faire abstraction: il s'agit de celle qui se rapporte aux capitaux disponibles. Toute culture suppose des avances variables, notamment au point de vue des frais de main-d'œuvre et des fumures. La culture continue d'une même plante serait impossible sur toute l'étendue d'un domaine, si le cultivateur ne possédait pas le capital correspondant aux avances à faire depuis les semailles jusqu'à la vente des produits.

La diversité des cultures et des produits correspond aujourd'hui à une répartition très heureuse des dépenses et des recettes. Elles sont, les unes et les autres, réparties de façon à s'équilibrer et à se compenser. De cette façon, les avances du cultivateur ne sont *jamais* égales au montant des dépenses faites durant le cours d'une année entière. Les rentrées de fonds régulières, et régulièrement espacées, restreignent les avances et réduisent la masse des capitaux à engager dans une série d'opérations culturales. Le bénéfice de cette heureuse organisation économique échapperait à ceux qui pratiqueraient la culture continue d'une ou deux plantes seulement.

On voit ainsi que la portée réelle des recherches instituées par M. Milton Whitney est singulièrement diminuée.

Il ne nous paraît nullement démontré pour cela qu'il faille en négliger les enseignements ou en nier dédaigneusement l'intérêt. La valeur d'une observation scientifique bien faite ne saurait être appréciée à l'avance d'une façon définitive. Au point de vue du rôle et de l'emploi des engrais minéraux, la théorie du professeur américain, *éclairée et confirmée par des essais nouveaux et décisifs*, pourrait peut-être nous rendre les plus précieux services.

Nous avons déjà dit l'année dernière et nous répétons ici que rien n'est encore plus obscur que l'action des matières fertilisantes organiques ou minérales sur le développement des végétaux.

Voici un exemple nouveau à l'appui de cette opinion.

II. — L'emploi du manganèse comme engrais.

On a toujours considéré jusqu'ici le manganèse comme un métal dont la présence dans le sol pour les végétaux ne présentait qu'un intérêt très médiocre. C'est peut-être là une erreur. M. le Professeur G. Bertrand considère, au contraire, le manganèse comme un des éléments indispensables au fonctionnement de la cellule vivante.

A son avis, il ne suffit pas, comme Sachs[1] l'a déjà fait observer, de fournir à un végétal des éléments nutritifs quelconques pour obtenir le maximum de récolte. Il faut à la fois lui donner tous les éléments nécessaires et dans une proportion convenable. L'absence ou l'insuffisance d'un seul arrête ou diminue la croissance. Ce qui est vrai pour des substances telles que l'azote, le phosphore, la potasse, la chaux, dont l'analyse décèle et précise les quantités importantes contenues dans la plante ou le sol, doit rester exact quand il s'agit de métaux tels que le manganèse, dont on ne trouve que des traces. M. le Professeur Bertrand cite, à ce propos, les expériences de Loew, des chimistes ou physiologistes japonais Aso, Nagaoka, Sawa[2], de Kauter à Saint-Pétersbourg (1903), de l'Allemand Hill, de l'Italien Passerini. Ces essais, portant soit sur des moisissures, soit sur des plantes phanérogames, ont permis d'*établir qu'il suffit d'employer une proportion extraordinairement petite de métal pour obtenir des résultats appréciables.*

M. Bertrand a institué des expériences culturales et a obtenu des résultats intéressants. Il s'agit d'une culture d'avoine commencée à la fin de l'hiver, en février. La terre arable profonde, argileuse, très faiblement calcaire, dosait 0,057 °/₀ de manganèse. Une partie seulement de ce métal était soluble dans l'acide acétique bouillant; la proportion s'élevait seulement à 0,024 °/₀.

L'expérience a été faite sur deux surfaces égales à tous les points de vue, de 2.000 mètres carrés chacune. Ces parcelles ont reçu les engrais habituels, dans les mêmes proportions, soit : 200 kilogs de superphosphate minéral à 15 °/₀ environ d'acide phosphorique et 75 kilogs de sulfate d'ammoniaque à 20,5 °/₀ d'azote; mais l'une d'elles a reçu en plus une quantité de sulfate de manganèse desséché correspondant à 50 kilogs par hectare. Ce sulfate, exempt d'impuretés pour avoir plus de certitude dans les résultats, renfermait 31,68 °/₀ de manganèse. Chaque mètre carré reçut ainsi environ 1 gr. 6 de métal.

Après la récolte, qui eut lieu en août, les pesées des récoltes ont accusé des différences notables :

[1] *Physiologie végétale*, édition française. Paris, 1868.
[2] *Bull. of the College of Agriculture of Tokio*, 1903-1904.

Digitized by Google

1° *Sans manganèse :*

Poids total.	1.290 kgs ou à l'hect.		6.450 kgs
Après battage :			
Grains.	518	—	2.590
Paille et balles. . . .	768	—	3.840

2° *Avec manganèse :*

Poids total.	1.580 kgs ou à l'hect.		7.900 kgs
Après battage :			
Grains.	608	—	3.040
Paille et balles. . . .	968	—	4.840

Les différences qu'on peut attribuer à l'incorporation du manganèse dans le sol s'élèvent donc :

1° Pour l'ensemble de la récolte à 22,5 °/₀;

2° Pour le grain à 17,4 °/₀;

3° Pour la paille à 26 °/₀.

Quant aux grains examinés et analysés séparément, on a trouvé :

	SANS MANGANÈSE	AVEC MANGANÈSE
Poids de l'hectolitre.	44,00 kgs	46, 5 kgs
Eau.	17,48 %	16,85 %
Cendres.	2,82 —	2,88 —
Manganèse	0,000.004	0,000.004
Azote total	1,61 kgs	1,58 kgs

M. le Professeur Bertrand conclut en ces termes :

« Ces résultats, qui sanctionnent d'une manière si inattendue mes recherches sur la laccase, ne sont pas seulement encourageants au point de vue de l'emploi agricole du manganèse. Ils indiquent une nouvelle voie à suivre dans l'étude des causes auxquelles est attribuable la fertilité du sol et autorisent à essayer, au même titre que le manganèse, tous les éléments rares : bore, zinc, iode, dont on est en droit de supposer le rôle physiologique. »

Dans un article de la *Deutsche Landwirthschaftlische Presse* (1905), Ad. Mayer cite également une tentative faite en Hollande sur le maïs. L'augmentation du rendement obtenue grâce au manganèse aurait été de 100 °/₀.

En revanche, M. Grandeau a publié dans le *Journal d'Agriculture pratique* le résumé d'une expérience faite en Suède à la Station expérimentale de Flahult. Le sulfate de manganèse a été répandu sur le sol consacré à la culture de l'avoine. Voici le résumé des pesées faites en août après la récolte :

1e *Sol sans sulfate de manganèse.*

Nos DES PARCELLES	PAILLE ET BALLES	GRAINS	RÉCOLTE TOTALE
	kg	kg	kg
1	2.520	1.460	3.980
3	2.450	1.470	3.920
6	2.250	1.340	3.620
8	1.900	1.140	3.040
9	2.470	1.320	3.790
11	2.970	1.760	4.730
Moyenne .	2.430	1.415	3.845

2° *Sol avec sulfate de manganèse.*

2	2.350	1.440	3.790
4	2.250	1.230	3.588
5	2.140	1.100	3.240
7	2.620	1.490	4.110
10	2.920	1.450	4.070
12	2.450	1.360	3.810
Moyenne .	2.422	1.345	3.767

Sur le sol choisi par les expérimentateurs, il est clair que l'adjonction du manganèse n'a produit aucun effet. Ces divers résultats présentent un contraste trop frappant pour qu'il n'y ait pas lieu de recommander des essais nouveaux.

III. — La perméabilité des sols et l'irrigation.

Dans la préface et dans l'appendice de son beau *Traité de Chimie agricole*, P.-P. Dehérain avait mis en lumière d'une façon saisissante l'utilité des irrigations en France.

« Ce n'est qu'exceptionnellement, disait-il[1], que la pluie est assez abondante pour que les plantes laissent le sol humide et que la nitrification y soit active ; pendant ces années-là, la quantité d'azote contenue dans les végétaux et les eaux de drainage égale celle qui apparaît dans les terres nues.

« La nitrification n'est restreinte dans nos sols cultivés que parce qu'ils sont constamment desséchés par les végétaux qu'ils portent; elle est active, au contraire, dans les terres nues, non ensemencées, et c'est ainsi que, par simple empirisme, nos pères étaient arrivés, pour compenser leur pénurie d'engrais, à laisser, pendant toute une année, leurs terres nues en jachère; n'étant pas ensemencées, elles restaient humides et une nitrification active assurait l'alimentation azotée du blé semé à l'automne de l'année de jachère.

« ... Si les terres étaient régulièrement arrosées, la condition nécessaire au travail des ferments serait réalisée et ils pourraient montrer la puissance de leur action. Quand, en effet, l'eau arrive sur de bonnes terres bien fumées au fumier de ferme et renfermant des quantités suffisantes d'acide phosphorique, de potasse, de chaux, la végétation devient luxuriante, même dans notre région septentrionale, et encore bien davantage là où les pluies sont suffisantes pour subvenir à l'évaporation excessive des plantes herbacées soumises à l'action d'un soleil brûlant.

« Tous nos efforts doivent donc tendre à favoriser les entreprises d'irrigation : les surfaces arrosées s'accroissent, en effet, peu à peu; sans compter les prairies couvertes pendant l'hiver par les crues des rivières (1.308.000 hectares en 1892), les terres qui reçoivent les eaux amenées par les travaux d'art comprennent aujourd'hui 1.400.000 hectares.

[1] *Traité de Chimie agricole*, Masson, 1902, p. 10 de la préface.

Digitized by Google

« Nécessaires dans notre France méridionale, les irrigations y sont particulièrement faciles.

« Pour que les irrigations fécondent des surfaces de plus en plus étendues, il faut d'abord convaincre les cultivateurs eux-mêmes que dans cette voie seulement ils trouveront le salut. S'ils en sont bien persuadés, ils se décideront d'abord à utiliser l'eau des petits ruisseaux qui, dans leur voisinage, coulent souvent en pure perte; si des travaux peu coûteux sont nécessaires, les associations qu'ils ont formées pour l'acquisition des engrais ou des machines leur seront d'un puissant secours; elles se transformeront en syndicats d'arrosage.

« Arroser le sol de la France est la grande entreprise qui fera la gloire du XXe siècle et assurera la prospérité agricole, car l'eau est la première condition de la fertilité. »

Pour faciliter les travaux d'irrigation, on comprend sans peine combien il peut être utile de mesurer le degré de perméabilité des terres et de les classer suivant leurs besoins en eau. C'est ce qu'ont fait MM. Muntz et Faure. Ils ont étudié ainsi le facteur qui influe le plus sur la quantité d'eau que peut et doit recevoir une terre : la perméabilité, c'est-à-dire la faculté de se laisser traverser par l'eau avec une rapidité plus ou moins grande. Si l'on ne prend pas, en effet, disent les auteurs, la perméabilité pour guide, on risque d'imposer à certains sols compacts une quantité d'eau qui leur sera nuisible. On s'expose, d'un autre côté, à donner à des sols perméables moins d'eau qu'il n'est nécessaire pour leur faire produire le maximum de rendement.

Les différences de perméabilité observées par MM. Muntz et Faure sont considérables.

Ainsi, dans diverses terrasses d'alluvion de la Garonne, desservies par un canal d'irrigation et dans lesquelles l'arrosage donne des résultats culturaux différents, les auteurs ont déterminé des degrés de perméabilité exprimés par les chiffres suivants de hauteur d'eau écoulée par heure :

1re situation	0,5 cm.
2e —	3,8
3e —	10,5

Ailleurs les contrastes sont encore plus frappants :

1re situation	0,5 cm.
2e —	3,5
3e —	16,8
4e —	25,2
5e —	26,5
6e —	39,0

Dans la plaine du Forez, un expérimentateur a relevé les chiffres suivants :

1re terre	68,0 cm.
2e —	30,0
3e —	33,3
4e —	60,0

La méthode adoptée par MM. Muntz et Faure pour arriver à ces précisions mérite d'être décrite. Ils emploient un cylindre de tôle d'acier qu'on enfonce à une certaine profondeur et dans lequel on maintient une hauteur d'eau constante. La quantité qui s'écoule en un temps donné permet de classer la perméabilité, quand le régime permanent d'écoulement dans le sol est établi, c'est-à-dire lorsque l'on peut faire abstraction des conditions primitives variables que le sol présente.

MM. Muntz et Faure font remarquer avec raison que les quantités d'eau supposées nécessaires pour l'irrigation ne sont pas connues précisément avec assez d'exactitude. Ainsi, dans le midi de la France, pour les prairies artificielles et notamment pour la luzerne, on arrose tous les douze jours pendant six heures, à raison de trente litres par seconde et par hectare. On s'assure qu'un débit continu de un litre par seconde suffit à l'arrosage d'un hectare de prairie naturelle et d'un hectare et demi de prairie artificielle.

D'ordinaire, en Provence[1], on n'arrose pas le blé; il croît pendant l'hiver et au printemps au moment où les pluies sont suffisantes. Quand on procède à un arrosage de printemps (du 15 avril au 15 mai), il se fait à raison de trente litres par seconde et par hectare et dure neuf heures.

MM. Muntz et Faure concluent à ce sujet en disant : « D'une manière générale, on admet en grande culture que la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'un hectare correspond en moyenne au débit continu de un litre par seconde.

« Or, nos expériences montrent qu'on n'a pas jusqu'ici attaché une importance suffisante à la question de la perméabilité, et que, si le volume de un litre par hectare arrosable peut, dans bien des cas, être pris pour base du débit à donner aux canaux principaux, on ne saurait, en général, au moins pour un périmètre un peu étendu, le considérer comme la quantité à fournir uniformément à chaque unité de surface.

« Il est irrationnel de donner à des sols de perméabilité différente le même volume d'eau. »

IV. — La mise en valeur des terres salées et la culture du riz en Camargue.

Nous avons publié, il y a quelque dix ou douze ans, une série d'études sur la mise en valeur des terres salées du littoral de l'Océan ou de la Méditerranée. Le développement rapide de la culture du riz en Camargue, sur des sols de même nature, donne à nos observations d'autrefois un caractère d'actualité.

[1] P.-P. Dehérain : *Traité de Chimie agricole*, p. 601.

Digitized by Google

Il faut tout d'abord savoir que, sur les bords de la Méditerranée, par exemple, il existe de très vastes étendues de terre que l'on peut réellement *coloniser*.

Nous voici transportés dans le golfe du Lion. En face de nous, le rivage décrit une courbe concave depuis les côtes du Roussillon jusqu'au delta du Rhône. A l'embouchure de tous ces fleuves qui descendent des Pyrénées ou des Cévennes se trouvent des limons, que le Tech, le Tet, l'Agly, l'Aude, l'Orb, l'Hérault et le plus grand de tous, le Rhône, ont déposés lentement pendant des siècles. Arrachés, en effet, par les pluies aux flancs des montagnes ou des collines, emportés par les ruisseaux qui traversent la plaine, argiles et sables ont été entraînés et sont venus combler les marais du littoral. A l'embouchure de chaque fleuve, un delta s'est formé, des millions ou des milliards de mètres cubes de terre ont exhaussé le fond de la mer, fait reculer ses flots, ensablé des ports autrefois célèbres, et porté toujours plus loin la limite du rivage.

Mais, dira-t-on, ces alluvions, semblables au limon du Nil, doivent être d'une inépuisable fécondité!

Au premier abord, cette hypothèse paraît exacte. Ainsi les terres du delta de Narbonne sont, réellement, d'une très grande richesse. On a constitué dans cette plaine, conquise sur la mer, un admirable vignoble qui semble attester la fécondité du sol; malheureusement, au milieu de ces champs fertiles, on ne tarde pas à découvrir des espaces dépourvus de toute végétation. Le coup de baguette d'une méchante fée a frappé le sol de stérilité. La terre nue, et comme malade, paraît avoir été rongée par la lèpre. En s'avançant près du littoral, on trouve des taches plus nombreuses, plus étendues; bientôt même, toute culture disparaît. Une flore spéciale caractérise ces terres en partie dénudées; seuls quelques tamarix, quelques salicornes grises, ou quelques staticées, dont on voit de loin les panicules de fleurs violettes, apparaissent çà et là par touffes. Parfois même la terre ne porte pas un lichen, pas une mousse, pas un brin d'herbe; grise ou noire, saupoudrée par places d'une sorte de poussière blanchâtre, elle se montre dans sa nudité absolue, et au loin, tout au loin, cette même solitude désolée, ce désert gris, s'étend sans un pli, sans une ondulation, jusqu'au bord de la mer d'où il est sorti.

Cette plaine vient de sortir, hier ou il y a vingt siècles, des flots de la mer qu'on aperçoit d'ici. Son origine nous donne en même temps le secret de sa stérilité et le moyen de la rendre féconde.

Les alluvions de l'Aude ou des autres fleuves de cette côte ont été déposées dans les eaux salées. Depuis les plus grandes profondeurs jusqu'à la surface, ces limons ont été mélangés à des sels stérilisants, notamment au sel marin.

L'histoire nous dit que, dans le bon vieux temps, l'armée victorieuse qui avait pris une ville la détruisait de fond en comble et semait du sel sur les champs, où désormais la cité devait rester ensevelie. L'herbe alors ne poussait plus sur cette grande tombe. Eh bien, le sel de la mer a stérilisé de la même façon les terres du littoral méditerranéen. A la longue, après bien des siècles, dans les alluvions anciennes, le sel, dissous par les eaux de pluie, a été entraîné, et alors la terre a pu porter d'admirables récoltes. Mais là où le sol est de formation plus récente, là où il sort tout ruisselant encore des flots, les sels de la mer l'imprègnent et nulle culture n'est possible sur cette terre frappée de mort.

Voilà le secret de sa stérilité; cherchons maintenant à quels moyens on peut recourir pour la rendre féconde. Puisque le sel est l'unique cause de la stérilité du sol, il suffit de le faire disparaître pour mettre en valeur des limons d'une extraordinaire richesse. Débarrasser la terre d'une énorme masse de sels stérilisants, voilà donc le but.

La méthode la plus rapide et la plus sûre employée pour *dessaler* le sol consiste dans le lavage combiné avec les labours profonds et le drainage.

Le champ à traiter est entouré tout d'abord d'une ceinture de digues qui en fait une sorte de cuvette à fond plat, où l'on pourra amener l'eau d'une rivière ou d'un canal. Des labours à 40 ou 50 centimètres de profondeur ameublissent la terre et permettront à l'eau douce de filtrer plus aisément à travers le sol en entraînant les sels qu'elle dissoudra.

Toutefois, l'eau chargée de ces sels stérilisants ne pourrait pas toujours s'écouler; la pente ne serait pas suffisante. Bien plus, le sous-sol renfermant ordinairement beaucoup de chlorure de sodium, l'eau de lavage filtrant à travers le terrain dissoudrait ce sel et constituerait à l'état de nappe stagnante une réserve de saumure. Dès que le sol cesserait d'être couvert d'une couche d'eau, l'action combinée du soleil et du vent en dessécherait la surface, l'eau saumâtre remonterait par capillarité et des efflorescences salines ne tarderaient pas à paraître.

Pour éviter ce danger, il est indispensable de drainer le champ qu'on veut *dessaler*. A cet effet, on creuse parallèlement d'étroits fossés ayant 1 mètre de profondeur et séparés par un intervalle de 3 à 10 mètres. Des tuyaux de poterie ou *drains*, ayant 40 ou 50 centimètres de longueur et 6 ou 7 centimètres de diamètre, sont déposés au fond des fossés, et ces derniers sont ensuite comblés.

Digitized by Google

La pente des *drains* est calculée de façon à permettre l'écoulement de l'eau qu'ils vont charrier et à obtenir son déversement dans un fossé collecteur.

L'eau douce, qui filtre à travers le sol et qui s'est chargée de sel, pénètre dans les drains par les interstices qui les séparent et va couler dans le fossé collecteur; elle est alors conduite dans un canal de déversement, si la pente le permet, ou puisée par une pompe qui la rejette au dehors.

L'eau douce pouvant être incessamment renouvelée et l'eau saumâtre pouvant, d'autre part, être enlevée, il est aisé de comprendre que la quantité de sels nuisibles restant dans le sol diminue rapidement. Il s'agit bien d'une sorte de lavage méthodique, que les labours facilitent et dont le drainage assure l'efficacité.

Les drains s'opposent, en outre, aux retours offensifs des sels. A une certaine profondeur au-dessous du sol, il existe presque toujours une couche saturée d'eau. Les pluies, les tempêtes venant du large déterminent souvent sur le littoral l'élévation de cette nappe souterraine chargée de sels stérilisants. Il y a là d'ordinaire une cause de ressalement continuel pour les terres non drainées. Au contraire, si un réseau de drains profonds permet de recueillir et de rejeter ces eaux nuisibles à mesure qu'elles tendent à envahir la couche arable, le dessalement opéré reste définitif.

Lorsque le prix du vin rendait la culture de la vigne amplement rémunératrice, on constituait des vignobles sur les terres dessalées.

Aujourd'hui, les bénéfices de la viticulture ayant singulièrement diminué, on a songé aux fourrages et au *riz*! Cette céréale était déjà utilisée, il y a dix ou quinze ans, pour donner un produit pendant la période de dessalement, car le riz s'accommode des terres renfermant encore du sel. A cette heure, la culture du riz prend une importance tout à fait prépondérante en *Camargue*.

Il suffisait d'utiliser des semences bien choisies, productives, donnant des grains de belle qualité et de bonne valeur marchande. C'est ce que l'on a fait. Les beaux riz de Piémont ont donné des résultats excellents.

Après un labour et un hersage vigoureux, le sol est recouvert d'une mince couche d'eau, 5 à 10 centimètres. Au besoin, si le fond de la cuvette n'est pas bien plat, la nappe liquide sert de niveau d'eau et l'on peut corriger les défauts d'horizontalité. Il suffit pour cela de faire passer sur les parties qui ne sont pas submergées une planche lourdement chargée et dressée verticalement comme un gigantesque grattoir de 3 à 4 mètres de largeur. La terre boueuse cède sous l'effort des animaux qui tirent l'appareil et le nivellement s'opère économiquement.

On sème ensuite à la volée de 70 à 130 kilogrammes de graines par hectare, et l'on répand la semence en la jetant sur la mince couche d'eau qu'elle traverse. Cette opération a lieu dans les premiers jours de mai. Après la levée, il ne reste plus qu'à tenir le riz les pieds dans l'eau en irriguant à peu près tous les deux jours. La plante vigoureuse étouffe les herbes qui menaceraient d'envahir les rizières, et les binages ou sarclages sont dès lors inutiles, à ce que l'on nous a dit. Bien que le prix des semences de choix soit élevé, — 30 francs par quintal, — on a vendu cette année en Camargue *70.000 kilogrammes de riz*, qui ont servi fort probablement à constituer près de 600 hectares de rizières. La végétation est parfois d'une vigueur et d'une puissance vraiment admirables. L'immense tapis vert que nous a montré l'intelligent fermier du « mas » de *Montlong*, par exemple, est certes un des plus remarquables qu'on puisse voir. — Les rendements sont exceptionnellement élevés. On compte 40 à 50 quintaux de *Paddy* par hectare, et souvent la récolte dépasse ces chiffres. Un propriétaire de Camargue nous a affirmé que ses rendements avaient représenté 55 fois le poids des semences employées. Sans doute, il s'agit de *Paddy*, c'est-à-dire de riz non décortiqué, mais ce produit est encore vendu de 18 à 19 francs par quintal. La recette brute varie donc, dans ces conditions, de 600 à 1.000 francs par hectare, et le bénéfice en est fort beau. Voici, d'ailleurs, un compte de culture :

Dépenses.

Préparation du sol	50 fr.
160 kgs de semences	30
Semailles	10
Charbon et chauffeur (irrigation en puisant dans le Rhône)	110
Moisson	60
Cordes pour gerbes	10
Charroi des gerbes	20
Battage	50
Divers	10
Total	350 fr.

Recettes.

3.000 kgs de graines à 20 fr.	600 fr.
4.000 kgs de paille à 2 fr.	80
Total	680 fr.

Bénéfice : **330** fr. par hectare.

C'est là, à coup sûr, un résultat financier des plus intéressants. La mise en valeur des terres salées de la zone méditerranéenne peut donc être facilitée par la culture du riz, céréale dont on ne soupçonne guère l'utilité dans notre pays. C'est même pour ce motif que nous avons cru intéressant d'en signaler l'existence et d'en montrer l'utilité.

D. Zolla,
Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lecornu (L.), *Ingénieur en Chef des Mines, Professeur à l'Ecole Polytechnique et à l'Ecole des Mines.* — **Dynamique appliquée.** — 1 *vol. in*-18 *jésus, de* 534 *pages, avec* 113 *figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Encyclopédie scientifique du Dr Toulouse. Doin, éditeur, Paris*, 1908.

La Mécanique appliquée, telle que l'ont conçue Poncelet, Coriolis, B. de Saint-Venant, Résal,... est une science intermédiaire entre les abstractions purement mathématiques de la Mécanique rationnelle et le grossier empirisme de la Mécanique technique; elle soumet à la méthode analytique des données expérimentales aussi réduites que possible et portant sur des faits très simples; elle garde, selon ses forces, la rigueur de la Mécanique rationnelle, mais, devant des difficultés de calcul insurmontables, elle n'hésite pas à se contenter d'approximations successives.

L'Ecole Polytechnique, qui a formé les créateurs de la Mécanique appliquée, a toujours tenu à faire dans son enseignement une place honorable à leurs spéculations ; mais le domaine de celles-ci s'accroît sans cesse, tandis que le nombre des leçons ne saurait suivre la même progression : malgré tout le talent des maîtres éminents de l'Ecole, la condensation des idées a des limites. Ce que M. Lecornu aurait voulu et n'a pu mettre dans son cours de l'Ecole, concernant la Dynamique des Machines, nous le trouvons dans le présent volume. Les questions nouvelles traitées sont nombreuses, intéressantes et actuelles : aussi cette *Dynamique appliquée* a-t-elle été accueillie avec empressement par les anciens polytechniciens; elle ne s'adresse pas d'ailleurs seulement à eux.

Conformément à l'esprit de la collection dont le volume fait partie, l'auteur a réuni, dans l'Introduction, toutes les notions utilisées dans son exposé : le lecteur trouvera là un remarquable résumé des théories de la Mécanique rationnelle. Dans le corps du livre, quelques théories sont reprises et raccordées avec les applications. Aussi les élèves de nos Facultés et les élèves cultivés des Ecoles techniques pourront-ils entreprendre sans grande peine la lecture du volume que nous allons analyser.

Nous nous bornerons à indiquer les grandes divisions de l'ouvrage en marquant seulement les questions nouvelles ou traitées avec originalité.

Dans la première partie, consacrée aux propriétés mécaniques des solides naturels (élasticité, frottement...), il faut citer l'étude des engrenages, du joint de Cardan, de l'autoloc, des mouvements louvoyants, de l'extinction du frottement, de la résistance au pivotement, du roulement sur billes, — et enfin quelques aperçus sur les effets du choc.

La seconde partie débute par une exposition développée de la dynamique des ressorts, ce qui permet de présenter une théorie complète de l'indicateur de Watt. Puis, aux mouvements pendulaires se trouvent rattachés les tachymètres, le pendule dynamométrique, l'appareil Desdouits, le pendule régulateur, l'amortisseur de roulis, et même le pendule de longueur variable, l'escarpolette. Enfin les mouvements de rotation à grande vitesse permettent de grouper le cerceau, la bicyclette, l'appareil à mesurer les balourds, les turbines à axe flexible.

La troisième partie est consacrée à la théorie des machines en mouvement. Après un chapitre sur la production et l'utilisation de la force vive, où il envisage surtout les récepteurs hydrauliques, l'auteur aborde la régularisation des mouvements, question à laquelle ses travaux personnels ont apporté une contribution importante. Dans l'étude du volant, citons ce qui concerne le volant élastique et les conditions de rupture du volant; dans celle du régulateur, la théorie générale des régulateurs centrifuges, la dynamique générale des régulateurs à action directe ou indirecte, la théorie des régulateurs d'inertie, des régulateurs volants, des régulateurs chronométriques. L'étude des freins et la dynamique des transmissions achève l'ouvrage.

La rédaction est très limpide; l'intérêt ne languit jamais, soutenu par la variété des sujets et l'élégance de la forme. Avec discrétion, l'auteur introduit ou amorce mainte théorie personnelle : cela suffit pour permettre au lecteur de juger de l'étendue des progrès que la Mécanique appliquée aux Machines doit à l'ingéniosité et à la pénétration de M. Lecornu.

A. Boulanger,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Lille.

Bonneau (J.-A.), *Vérificateur des Poids et Mesures.* — **Instruments de pesage à systèmes articulés. 1re partie : Balance Roberval.** — 1 *vol. in*-8° *de* 190 *pages.* (*Prix* : 4 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Cet ouvrage donne une théorie complète des balances Roberval, théorie qui montre bien que les machines en apparence les plus simples prennent facilement, lorsqu'on les envisage sous un certain point de vue, des aspects extrêmement compliqués.

Il existe un genre de balances, qui ne s'est guère répandu en France, en partie en raison de l'obstruction qui lui est faite par l'Administration des Poids et Mesures, mais qui est extrêmement employé à l'étranger, pour le pesage automatique des matières pulvérulentes et concassées : grains, charbons... Ces balances automatiques ont été perfectionnées d'une façon des plus remarquables, et rendent les plus grands services; il serait à désirer que M. Bonneau en dit quelques mots dans la suite de son ouvrage. G. R.

2° Sciences physiques

Pacoret (E.), *Ingénieur-Electricien.* — **La Technique de la Houille blanche,** *avec préface de* M. A. Blondel, *Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées.* — 1 *vol. gr. in*-8°, *de* 830 *pages avec* 300 *figures et* 10 *planches.* (*Prix* : 25 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

La première partie de l'ouvrage s'étend d'une façon très détaillée sur l'hydrologie des bassins de montagnes, sur le jaugeage et la conduite des eaux, les récepteurs hydrauliques, les travaux de dérivation, d'aménagement et de régularisation des cours d'eau. L'auteur, se plaçant à un point de vue très pratique, y donne tous les éléments nécessaires pour établir un devis d'installation hydraulique et complète le tout par un exposé de la législation des cours d'eau.

La deuxième partie traite de la production, de la transmission et de la transformation de l'énergie. L'auteur y développe, non seulement la théorie des générateurs, moteurs et transformateurs électriques, mais encore les applications de l'électricité aux transports de force, à la traction, à la chimie et à la métallurgie.

M. Pacoret avait entrepris une œuvre des plus vastes, et la deuxième partie de son travail était particulièrement difficile à traiter; car il y avait deux écueils à éviter : ou bien faire une étude par trop incomplète et, par suite, sans intérêt, ou élaborer un véritable cours

Digitized by Google

d'Électrotechnique et sortir des limites indiquées par le titre même de l'ouvrage. L'auteur a su se faufiler très habilement entre ces deux écueils et a réussi à les éviter. Tout en n'insistant pas plus qu'il ne le fallait sur certaines questions trop générales d'Electrotechnique, il a cru devoir les résumer de façon à constituer une sorte d'aide-mémoire, tout en s'étendant sur les points spéciaux propres à faciliter le travail de ceux qui veulent tirer des forces hydrauliques une application industrielle.

On a pu reprocher à M. Pacoret d'avoir ainsi introduit un hors-d'œuvre dans son ouvrage. L'auteur pourra répondre, à juste titre, qu'en tout cas ce hors-d'œuvre est suffisamment substantiel pour qu'on n'ait pas à le dédaigner.

M. Blondel, le distingué professeur d'Electricité à l'Ecole des Ponts et Chaussées, a écrit la préface du volume de M. Pacoret, et, tout en faisant loyalement certaines petites critiques de détail qui montrent sa parfaite impartialité, il rend hommage aux qualités sérieuses de cette étude et reconnaît les services qu'elle peut rendre. Cet éloge d'un éminent spécialiste constitue une référence de premier ordre et recommande cet ouvrage à l'attention des ingénieurs et des spécialistes.

G. DE LAMARCODIE,
Professeur à l'Ecole d'Electricité
et de Mécanique industrielles.

Balland (A.), *Pharmacien principal de l'Armée*, **Luizet** (D.), *ancien Chimiste de l'Usine Poirrier, et* **Chasles** (H.). — **Le chimiste Z. Roussin. Chimie. Physiologie. Expertises médico-légales.** — 1 *vol. in-8° de* 310 *pages, avec préface de M. A. Haller, membre de l'Institut. J.-B. Baillière et fils, éditeurs. Paris*, 1908.

Le nom et, à plus forte raison, l'œuvre de Z. Roussin ne sont pas connus du public. Même parmi les chimistes, ses collègues, il n'y a sans doute que les spécialistes qui soient au courant de ses remarquables travaux, relatifs à la formation des colorants azoïques sulfonés. Ceci tient à ce que les recherches de Z. Roussin, susceptibles d'applications industrielles, sont exposées plutôt dans les recueils de brevets peu connus de la jeunesse studieuse que dans les périodiques scientifiques ou les ouvrages classiques consultés couramment. Cela tient également à ce que les découvertes industrielles de Z. Roussin ont été systématiquement méconnues par nos voisins et rivaux, les Allemands, qui, passés maîtres dans l'exploitation des matières colorantes, essaient, avec leur persévérance habituelle, de faire croire qu'eux seuls ont fait les découvertes dont ils profitent si fructueusement. Enfin, la mort de Roussin remonte déjà à quatorze ans, et l'oubli vient vite effacer de nos mémoires les noms qui ne se rappellent pas impérieusement à elles. Encore quelques années et peut-être cet oubli eût été définitif.

Heureusement, la piété conjugale de Mme Roussin et son désir de faire « œuvre de vérité scientifique » viennent d'élever à la mémoire du savant dont elle porte si noblement le nom un monument qui sauvera à jamais ce nom de l'oubli.

Dans sa préface, M. Haller insiste sur la nécessité qu'il y a, pendant qu'il en est temps encore, de fixer, d'après des documents authentiques et des souvenirs fidèles, l'histoire des sciences et de leurs applications, particulièrement celle des matières colorantes qui, nées en France et en Angleterre, vigoureusement fécondées par des travaux de beaucoup de chimistes, y compris Roussin, n'y ont pas pu prendre, malheureusement pour le développement et la prospérité de nos industries chimiques, le brillant essor auquel elles paraissaient appelées.

Cette nécessité a été parfaitement comprise par les collaborateurs de Mme Roussin, qui se sont partagé la besogne, chacun suivant sa compétence.

M. H. Chasles, gendre de Z. Roussin, en rédigeant la notice bibliographique, fait connaître les brillants succès du jeune élève au collège de Fougères, puis au lycée de Rennes, et sa vocation persistante pour la Chimie.

Venu à Paris, contre le gré de sa famille, il fut plusieurs fois lauréat de l'Ecole de Pharmacie et songea au professorat ; il en fut détourné par le besoin d'occuper rapidement une position rétribuée, et concourut avec succès pour le Val-de-Grâce en 1852.

Il fut, en 1858, reçu au concours d'agrégation de Chimie et Toxicologie et nommé, un an plus tard, expert au tribunal. En cette qualité, il eut à s'occuper de quelques affaires retentissantes, celles de Conty de Lapommerais, de Troppmann, et celle d'un complot anarchiste dirigé contre Napoléon III. Cette dernière faillit avoir pour Roussin des conséquences tragiques ; au moment de la Commune, il remplissait par intérim les fonctions de directeur de la Pharmacie centrale et il était resté à son poste sans inquiétude sur sa sécurité, lorsqu'il fut mandé à l'Intendance de la Commune. Interrogé par un pseudo-colonel en qui il reconnut un ex-infirmier qui n'avait pas oublié l'ancien expert du procès des bombes préparées contre Napoléon III, il fut incarcéré, exposé aux pires catastrophes, et ne dut son salut qu'à l'énergie de Mme Roussin et à la bienfaisante intervention d'un ami. Il faut lire les lettres qu'il écrivait, au cours de sa captivité, pour y voir la confiance absolue d'une conscience qui n'a rien à se reprocher et la calme sérénité d'un homme qui, n'ayant jamais fait que son devoir, ne concevait pas qu'il en pût être châtié. Après la tourmente, Roussin reprit ses fonctions à Lyon, puis à Paris, et quitta le service des hôpitaux militaires en 1879, lorsqu'un ordre imprévu, et qu'il considéra comme une disgrâce, l'appela en Algérie.

C'est dans la période qui s'étend de 1873 à 1879 que Roussin s'occupa le plus activement des matières colorantes et fit les découvertes dont il sera question plus loin. Il les continuait activement et fructueusement, lorsqu'un accident de laboratoire vint le ravir à l'affection des siens et à ses travaux, dont les résultats s'annonçaient comme devant être particulièrement brillants : le 8 avril 1894, on le trouva, dans son laboratoire, asphyxié par une fuite de gaz.

M. D. Luizet, qui fut, à l'Usine des matières colorantes de Saint-Denis, chez M. Poirrier, le collaborateur de Roussin, s'est chargé de rappeler les principales découvertes de son Maître. La plus importante est celle d'une quantité de matières colorantes azoïques susceptibles d'applications générales en teinture, à cause de leur solubilité, qu'elles doivent à la présence de groupes sulfonés ; parmi ces substances, il convient de citer la Roccelline, les Orangés Poirrier, la Chrysoïne qui datent de 1876 et qui, ayant fourni une carrière industrielle des plus honorables, continuent à être encore l'objet d'une exploitation importante. On a réussi, volontairement ou non, à obscurcir les origines de ces découvertes et à faire de Roussin le tributaire des savants allemands, en se basant sur ce fait que ceux-ci avaient obtenu des colorants azoïques avant Roussin. C'est incontestable, mais ce qui l'est moins encore, c'est que Roussin employa le premier, dès 1875, pour la diazotation, des amines sulfonées et pour la copulation des amines ou des phénols et naphtols sulfonés. Là se trouve « l'effet technique nouveau », caractéristique des découvertes sensationnelles, qui est aussi l'origine de la fortune prodigieuse des azoïques auprès des teinturiers, ainsi que l'explication de la multitude infinie de ces colorants dont le nombre augmente encore chaque jour. Cette multitude de colorants, rendus possibles par la généralisation de la découverte de Roussin, eut quelques conséquences fâcheuses et assez paradoxales ; le champ d'investigation était trop vaste, et les moyens d'étude que les fabricants français pouvaient trouver chez nous étaient trop restreints ; il fut impossible de couvrir par des brevets toutes les nouveautés possibles, et celles qui échappèrent, jointes à

Digitized by Google

celles qu'ils avaient eux-mêmes trouvées, firent la fortune de nos rivaux, grâce à leurs puissants moyens d'action scientifique et industrielle.

Faut-il rappeler encore la découverte, en 1861, de la naphtazarine — utilisée seulement quarante ans plus tard — et qui donna à l'auteur l'illusion d'avoir découvert le colorant de la garance; faut-il dire aussi que Roussin découvrit en 1880, quatre ans par conséquent avant Bottiger, le premier colorant substantif, c'est-à-dire le premier produit teignant directement le coton non mordancé? On sait la fortune prodigieuse des colorants de cette classe et l'on ne saurait trop regretter que les teinturiers, fixant alors leur attention sur la teinture de la laine et de la soie, n'attachèrent que peu d'importance aux colorants de benzidine qui, d'ailleurs, ne donnaient pas à l'époque les nuances éclatantes qu'on en obtient aujourd'hui.

Il faudrait encore citer, avec M. A. Balland, tous les autres travaux de Roussin, dont les plus importants sont relatifs aux nitrosulfures doubles de fer, dont l'étude a été reprise depuis; à la naphtaline, dont l'auteur chercha toujours, et souvent avec succès, à multiplier les applications industrielles, et à un très grand nombre de substances industrielles ou pharmaceutiques que Roussin prépara, purifia ou inventa au cours de sa longue carrière de chercheur heureux et infatigable, malgré les déboires qu'il éprouva; il faut renoncer à énumérer, tant elles sont nombreuses, les expertises où il apporta toutes les ressources de son habileté et les trésors de sa conscience professionnelle.

Il faut, pour avoir une idée de l'activité de Roussin, de l'étendue de ses connaissances, de la variété de ses travaux et de l'importance de leurs résultats, lire et relire à plusieurs reprises l'ouvrage dont nous donnons un court résumé. On y trouvera retracée, avec un soin d'où l'amitié n'exclut jamais le souci de la stricte vérité, la vie d'un homme de bien, d'un savant modeste dont l'exemple doit être connu de tous.

P. Lemoult,
Professeur de Chimie générale
à la Faculté des Sciences de Lille.

3° Sciences naturelles

Pervinquière (Léon), *Maître de Conférences de Paléontologie à la Sorbonne, Vice-Président de la Société géologique de France.* — **Etudes de Paléontologie tunisienne. I. Céphalopodes des terrains secondaires.** — 1 *vol. gr. in-4° de* 348 *pages et Atlas de* 27 *planches. A. de Rudeval, éditeur. Paris,* 1908.

M. Léon Pervinquière, chargé de conférences de Paléontologie à la Sorbonne, vient de publier, comme première partie de ses études de paléontologie tunisienne, la description des Céphalopodes des terrains secondaires de ce pays.

La Direction générale des Travaux Publics de la Régence a bien voulu prendre à sa charge les frais de publication de ce considérable Mémoire. Tous les amis de la science doivent lui en savoir gré, car, grâce à ce concours, l'auteur a pu donner à son œuvre tout le développement et toutes les illustrations nécessaires pour la parfaite intelligence de ses descriptions.

Tout le monde sait combien, depuis quelques années, s'est compliquée la classification des Céphalopodes et particulièrement celle des Ammonoïdes; mais ceux-là seuls qui ont eu à se diriger au milieu des innombrables genres et espèces récemment introduits dans cette grande famille, ceux-là seuls qui ont eu à rechercher et à retracer les détails minutieux des lignes suturales de leurs cloisons internes peuvent se rendre compte un peu exactement des difficultés que M. Pervinquière a rencontrées dans l'élaboration de son important travail.

C'est trois cents espèces, environ, que ce savant a dû examiner et discuter. Pour la plupart d'entre elles, indépendamment des belles figures en phototypie qui, dans un atlas de vingt-sept planches, nous montrent la forme et l'ornementation externe des coquilles, l'auteur a donné, dans des dessins insérés dans le texte, le tracé, parfois si compliqué et si difficile à suivre, des sutures cloisonnales. La forme de ces sutures est, comme on le sait, d'une importance capitale pour la détermination des Ammonites; aussi est-il indispensable de les reproduire avec une grande exactitude.

La photographie seule nous donne, pour ces reproductions, toutes les garanties nécessaires de fidélité; mais, malheureusement, pour un grand nombre d'exemplaires, le procédé le plus recommandable est d'un emploi difficile et onéreux. M. Pervinquière dit, quelque part, que certains dessins de cloisons ont nécessité jusqu'à onze clichés tirés directement et avec grossissement. Ce fait seul montre mieux que tous nos raisonnements quelle somme de travail a dû dépenser l'auteur pour mener à bien cette magistrale monographie.

Il nous faut remarquer, en outre, qu'à ces difficultés pour ainsi dire matérielles de la partie descriptive se joignaient des difficultés d'un autre ordre, résultant de l'insuffisance des renseignements acquis sur la paléontologie tunisienne. Henri Coquand, le premier savant qui s'est occupé sérieusement de la faune fossile du Nord africain, n'a pas toujours su donner à ses descriptions toute la clarté désirable. En outre, il a encombré la science d'un volume où un nombre considérable d'espèces sont plus que sommairement décrites, sans qu'aucune figure vienne en faciliter l'interprétation. Nous nous rappelons trop ce que cet ouvrage nous a causé à nous-même d'embarras et de vains efforts pour ne pas comprendre quelle a dû être bien souvent l'incertitude de M. Pervinquière. Si, encore, la collection d'Henri Coquand était restée en France, à la portée du public, on aurait pu, comme on le fait pour la collection d'Alcide d'Orbigny, au Muséum, y rechercher les types des espèces et les utiliser pour les déterminations. Mais, malheureusement, il n'en est pas ainsi. Cette collection d'Henri Coquand, comme plusieurs autres et comme il est arrivé encore récemment, nous a été enlevée par l'Etranger.

C'est au Musée de Budapest qu'elle est allée, et ce n'est que grâce à l'obligeance du conservateur et du directeur de ce Musée, qui ont bien voulu photographier certains types de Coquand, que M. Pervinquière a pu identifier plusieurs espèces mal connues et aussi en éliminer de la nomenclature un certain nombre qui faisaient double emploi.

Malgré ces consciencieuses recherches pour parvenir à identifier le plus grand nombre possible de ses exemplaires, l'auteur s'est trouvé en présence de nombreuses formes inconnues jusqu'ici. C'est ainsi que son Mémoire ne comprend pas moins d'une cinquantaine d'espèces nouvelles. Dans ce nombre considérable de formes, l'auteur n'a institué que trois genres nouveaux. C'est là une modération dont il faut complimenter le jeune maître de conférences. Ces trois nouveaux genres, d'ailleurs, ne représentent pas pour nous complètement des formes inconnues. Les deux premiers, les genres *Fagesia* et *Thomasites*, ont pour types et pour bases certaines Ammonites du Nord africain, vieilles connaissances, dont nous nous sommes longuement occupé autrefois.

Indépendamment de ces genres nouveaux, toutefois, M. Pervinquière, à l'exemple de beaucoup de paléontologistes d'aujourd'hui, a institué ou adopté de nombreux sous-genres dont il n'a pas indiqué les auteurs et dont les noms, placés entre parenthèses, à la suite du nom de genre, compliquent sensiblement la nomenclature des espèces.

Ces sous-genres, divisés eux-mêmes en plusieurs groupes, sont, le plus souvent, en tant que divisions taxonomiques, assez difficiles à différencier des divisions génériques elles-mêmes. Il nous semble qu'on ne peut les considérer que comme un acheminement vers la séparation complète et comme une appellation provisoire destinée à se substituer, pour partie et progres-

Digitized by Google

sivement, à celle du genre. La preuve en est dans ce fait que, souvent, au cours de la description ou de la discussion, le nom du sous-genre est employé seul, à l'exclusion complète du nom de genre.

Peut-être, aussi, peut-on voir dans l'adoption de ces divisions subgénériques qui ne sont, au surplus, ni plus arbitraires ni plus artificielles que les divisions génériques, une précaution pour l'avenir et l'affirmation d'un droit de priorité. Avec la tendance actuelle à l'émiettement indéfini des familles, des genres et des espèces, cette précaution est fort compréhensible.

Une des particularités intéressantes de la monographie de M. Pervinquière est la préoccupation qu'il a constamment montrée d'établir aussi exactement que possible l'origine des diverses formes qui, successivement, sont venues peupler les mers secondaires dans la région tunisienne.

L'enchaînement des ammonoïdes et leurs mutations progressives sont suivis avec un soin et une sagacité qui méritent les plus grands éloges. Mais il n'est pas possible, à notre grand regret, dans un résumé analytique aussi bref que celui que nous pouvons donner ici, d'entrer dans plus de détails sur ces sujets. Nous ne pouvons que recommander, à ceux que ces questions intéressent, la lecture du chapitre que l'auteur a consacré aux conclusions de son Mémoire, ou plutôt la lecture de ce Mémoire tout entier.

Grâce à un labeur consciencieux et persévérant qu'aucune difficulté n'a découragé, M. Pervinquière a produit un ouvrage qui sera, pour la connaissance géologique de la Tunisie, une base solide et durable.

Au début de son travail, il dit, fort justement, que la Tunisie doit beaucoup à la Géologie. Nous pouvons ajouter que la géologie tunisienne doit beaucoup, non seulement à notre ami Philippe Thomas, dont les découvertes ont enrichi le pays, mais à Léon Pervinquière, dont les beaux travaux facilitent si bien la connaissance des terrains de la région et ses applications aux industries locales.

PERON,
Correspondant de l'Institut,
Ancien Président de la Société géologique de France.

Cheeseman (T.-F.), *Curateur du Musée d'Auckland.* — **Manual of the New Zealand Flora.** — 1 *vol. in-8° de* 1200 *pages. J. Mackay, Government Printer. Wellington,* 1907.

Il y a quarante-quatre ans que le grand botaniste Sir J.-D. Hooker publiait la première partie de son « Handbook of New Zealand Flora ». Depuis lors, de nombreuses explorations botaniques ont augmenté de plus d'un millier le nombre des espèces de plantes trouvées sur le sol de la Nouvelle-Zélande et des îles voisines. Le besoin d'une Flore nouvelle se faisait donc vivement sentir. M. Kirk entreprit cette tâche en 1894, mais la mort l'empêcha de la terminer. M. Cheeseman l'a reprise en 1900 et il vient heureusement de la mener à bonne fin.

Son ouvrage renferme la description complète de toutes les plantes à fleurs et fougères indigènes de la colonie, avec la répartition géographique et en altitude de chaque espèce, puis, sous forme concise, des indications générales, économiques ou scientifiques, intéressantes. Le nombre total des espèces décrites est de 1.571, dont 1.415 Phanérogames et 156 Cryptogames vasculaires. Les Composées forment, à elles seules, un septième de la flore totale. Sur les 1.571 espèces, 1.143, soit près des trois quarts, sont particulières à la colonie, ce qui montre le grand intérêt du livre; sur les 428 autres espèces, 366 se retrouvent en Australie et 108 dans l'Amérique du Sud. Les espèces acclimatées dans la colonie feront l'objet d'un ouvrage ultérieur.

Somme toute, cette Flore fait grand honneur à l'auteur; elle fournira aux habitants de la colonie et aux botanistes en général une mine précieuse de documents.

4° Sciences médicales

Maurel (Dr E.), *Médecin principal de réserve de la Marine, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.* — **Traité de l'Alimentation et de la Nutrition à l'état normal et pathologique.** *Tome II.* — 1 *vol. in-8° de* 680 *pages.* (*Prix* : 14 *fr.*) *O. Doin, éditeur. Paris,* 1908.

Dans un premier volume, M. Maurel avait étudié la nature et l'origine des aliments. Dans ce deuxième volume, il étudie les rations à l'état normal, la ration de croissance, la ration de l'adulte et la ration du vieillard.

Les régimes alimentaires étant fondés sur les besoins de l'individu, l'auteur s'est efforcé, par des recherches personnelles, d'évaluer les besoins de l'organisme en substances minérales et en substances organiques. Il expose ses intéressantes recherches sur les besoins d'oxygène appréciés par la section thoracique.

Il étudie ensuite les besoins de l'organisme en eau, en matières salines, en phosphore, en soufre, en chlorure de sodium, en albumine.

M. Maurel est un des physiologistes qui ont le plus contribué à montrer les dangers de la suralimentation, de ce qu'il appelle la surnutrition, et à établir que l'on peut entretenir son corps avec une ingestion d'albumine très inférieure à celle que l'on croyait autrefois nécessaire. Je regrette, cependant, qu'il soit encore resté impressionné par les errements des anciens physiologistes et qu'il ait admis pour la ration normale d'entretien une dose de 1 gr. 50 d'albuminoïdes par kilogramme de poids corporel. Les recherches de H. Labbé et Morchoisne et surtout les observations si convaincantes de Chittenden, ont bien montré que l'organisme humain peut s'entretenir et même s'accroître avec une ration albumineuse inférieure à 1 gramme par kilogramme.

De même, je suis effrayé de voir que M. Maurel recommande une ration normale de 16 à 20 grammes de chlorure de sodium par jour chez un homme du poids moyen de 65 kilogrammes. Ce n'est point là un régime normal, mais un régime d'hyperchloruration, si l'on veut bien considérer que le régime moyen habituel n'est guère que de 12 à 15 grammes, et que l'homme peut vivre longtemps en bonne santé avec un régime lacté qui lui apporte moins de 5 grammes de sel par jour.

M. Maurel établit ensuite un type de régime moyen répondant aux besoins de l'organisme, et montre comment on peut varier ce régime de façon à le faire correspondre aux besoins des corps de poids plus ou moins lourd.

Après la ration de l'adulte, il établit la ration du nourrisson, montre qu'elle est souvent évaluée trop haut et adopte comme règle générale : 100 grammes de lait par kilogramme de poids corporel. Passant à la pratique, il donne les règles de l'allaitement au sein et au biberon, puis les règles du sevrage.

Les années suivantes, qui font partie de la seconde enfance et de l'adolescence, sont, en général, très mal connues à l'égard des besoins alimentaires, et, quand il nous faut indiquer avec précision ce que doit être le régime d'un écolier, nous sommes très embarrassés. M. Maurel rend un grand service à la diététique en établissant d'une façon précise les quantités d'aliments nécessaires à ces âges. Il en est de même pour la ration alimentaire des vieillards, qu'il étudie d'une façon scientifique et pratique.

Le Traité de l'Alimentation contient une foule de détails importants exposés d'une manière originale. Ce qui en fait un des principaux attraits, c'est qu'il n'est point une compilation, mais bien le résultat de patientes recherches qui permettent à l'auteur d'émettre sur toutes les questions un avis personnel.

Dr MARCEL LABBÉ,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris,
Médecin des Hôpitaux.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 22 Juin 1908.

M. **Gaillot** est élu Correspondant dans la Section d'Astronomie. — L'Académie présente à M. le Ministre de l'Instruction publique la liste suivante de candidats pour deux postes vacants au Bureau des Longitudes : en 1re ligne, MM. **B. Baillaud** et **H. Deslandres**; en 2e ligne, MM. **H. Andoyer** et **M. Hamy**.

1° Sciences mathématiques. — M. **Em. Borel** indique une méthode pour l'analyse des courbes polymorphiques, consistant à retrancher de la fonction donnée $\varphi(x)$ un terme particulier de forme normale, choisi de telle manière que la différence soit plus rapprochée de l'axe des x et se confonde sensiblement avec lui dans un intervalle assez étendu. — M. **M. Deprez** donne deux formules permettant de calculer les composantes verticale et horizontale auxquelles sont soumis les aéroplanes du genre Hiram Maxim; elles ne contiennent d'autre coefficient expérimental que la masse du mètre cube d'air.

2° Sciences physiques. — M. **Ch. Nordmann** a déterminé les éléments magnétiques en divers points de l'Algérie et de la Tunisie. On observe une anomalie particulière, dans la région de la Kabylie, dont l'effet est d'incurver fortement vers l'Ouest, à leur entrée en Algérie, les isogones voisines de 11°30′. — M. **G. Meslin** étudie l'orientation d'un ellipsoïde anisotrope dans un champ uniforme. — M. **J. Becquerel** a réalisé, dans un tube de Crookes de forme spéciale, un flux d'électricité positive ayant une déviabilité magnétique comparable à celle d'un rayon cathodique. Ce faisceau est formé non plus d'ions, mais d'*électrons positifs*; il n'apparaît que sous l'influence des corpuscules cathodiques sur les rayons-canaux. — MM. **Georges** et **Gustave Laudet** ont réalisé l'enregistrement de la voix par un procédé mécanique direct, sans intervention du microphone qui déforme certaines consonnes. Les voyelles parlées présentent des périodes non identiques entre elles. — M. **H. Guilleminot** : Relation entre les effets biochimiques des radiations et la quantité absorbée. La *Revue* publiera prochainement un article de l'auteur sur cette question. — MM. **L. Vignon** et **Evieux** ont constaté que les fonctions acides et basiques de l'acide acétique ou de l'acide benzoïque et de l'aniline ne réagissent pas l'une sur l'autre en solution benzénique : il ne se forme pas de sel, contrairement à ce qui se passe dans l'eau ou à l'état sec. — M. **Ed. Defacqz** montre qu'en faisant agir, à la température du rouge, alternativement H et Cl sur un mélange de silice et d'anhydride tungstique, on sépare facilement les deux composants; cette méthode est susceptible de généralisation. — M. **A. Lauret** décrit un carburateur à double jet d'essence qui permet d'obtenir des mélanges d'air et d'essence de composition constante. — M. **H. Duval**, en nitrant le diacétyldiphénylméthane vers — 10° par l'acide nitrique réel en présence d'H^2SO^4, a obtenu l'*o-o*-dinitro-*p-p*-diacétyldiphénylméthane, F. 151°, dont il a préparé de nombreux dérivés. — MM. **E.-E. Blaise** et **I. Herman** montrent que la formation de la méthovinylisopropylcétone par action des alcalis sur l'oxypivalyléthylcétone s'explique par une transposition, suivie d'une déshydratation. — M. **F. Garrigou** a reconnu que les eaux sulfurées d'Ax possèdent une radio-activité qui traverse l'aluminium, comme les rayons γ, et influe plus ou moins sur la plaque photographique. — M. **Ph. Barbier** a constaté que les orthoses constituent une espèce indépendante, caractérisée par sa forme monoclinique et la présence de petites quantités de Li et Rb. — M. **Ad. Javal** montre que l'hypertonicité des liquides de l'organisme à l'état pathologique n'est pas due à une augmentation de NaCl, mais plutôt des matières azotées.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Salmon** a observé, chez les animaux, que l'acétylatoxyl a une action incontestable sur le *Trypanosoma gambiense*. D'autre part, il est quatre fois moins toxique que l'atoxyl. — M. **G. Arthaud** montre que l'élasticité vasculaire, en unités absolues, est donnée par la formule $\beta = 500/\sqrt{n\,H}$, n étant le nombre des pulsations par minute et H la pression artérielle en centimètres de mercure; $\beta = 14$ chez l'adulte normal. — M. **L. Joubin** présente deux cartes des gisements de Mollusques comestibles dans le Morbihan et le nord du Finistère. — M. **M. Kollmann** a étudié les granulations leucocytaires des Invertébrés : elles présentent tous les passages entre l'acidophilie pure et la basophilie; la métachromasie n'est pas rare; la neutrophilie n'a pas été rencontrée. — MM. **R. Perrier** et **H. Fischer** ont étudié les glandes de Blochmann chez les Tectibranches. Elles comprennent toujours un canal pluricellulaire, venant déboucher dans la cavité palléale, et un calice musculaire entourant une volumineuse cellule glandulaire. — M. **H. Coutière** décrit un Entoniscien nouveau, le *Synalpheion Giardi*, parasite d'un Eucyphote, le *Synalpheus longicarpus*. — M. **L. Gentil** a étudié la constitution géologique du massif des Beni-Snassen (Maroc); c'est un vaste bombement elliptique, dont le noyau primaire est recouvert d'un manteau jurassique. — M. **E.-A. Martel** montre que l'érosion torrentielle est la cause principale des roches ruiniformes, si fréquentes dans les calcaires. — M. **P. Garrigou-Lagrange** présente ses recherches sur les rapports de la pluie avec le régime des cours d'eau dans la région de Limoges. — M. **J. Vallot** déduit de ses mesures que l'ablation de la Mer de glace à Chamonix a été de 11 mètres dans les 15 dernières années et probablement de 50 mètres en 50 ans, sans qu'on ait constaté de changement climatérique important. — M. **J. Thoulet** a analysé les poussières atmosphériques trouvées sur la tour de la cathédrale de Nancy; elles ont une composition analogue à celle des résidus minéraux des fonds marins, ce qui confirme l'origine éolienne de ces derniers.

Séance du 29 Juin 1908.

M. **H. Becquerel** est élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, en remplacement de M. A. de Lapparent, décédé. — M. **H. H. Turner** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Demoulin** présente la suite de ses recherches sur les surfaces réglées. — M. **A. Denjoy** communique ses études sur les produits canoniques de genre infini. — M. **Sanielevici** présente quelques recherches sur l'équation aux dérivées partielles des membranes vibrantes. — M. **B. Baillaud** communique les observations de l'éclipse partielle de Soleil du 28 juin 1908 faites à l'Observatoire de Paris. — M. **J. Guillaume** adresse ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le premier trimestre de 1908. Il y a eu une grande diminution dans l'aire des taches et une faible diminution de celle des facules.

2° Sciences physiques. — MM. **H. Abraham** et **J. Carpentier** présentent un rhéographe destiné à la projection des courbes de courant alternatif. Il est formé de deux galvanomètres à équipage mobile constitué par

Digitized by Google

un anneau et d'un synchronoscope à réflexion multiple. — **M. G. Gouy** a fait quelques mesures électrocapillaires par la méthode des larges gouttes. Il a constaté que, si l'on fait, sur une goutte de mercure préparée à l'instant même, des mesures successives, à potentiel constant, la tension diminue rapidement après un délai 0, variable avec les solutions. — **MM. G.-A. Hemsalech** et **C. de Watteville** montrent que l'action de la température ne peut être considérée comme le facteur primordial de la production des raies d'étincelles, car on les retrouve dans le cône intérieur de la flamme en observant le spectre du fer. — **M. H. Giran** a déterminé les poids moléculaires des trois acides phosphoriques par cryoscopie avec l'acide acétique. Il a trouvé des résultats correspondant aux formules $(HPO^3)^6$, $(H^4P^2O^7)^3$ et $(H^3PO^4)^2$. — **M. H. Pélabon**, en ajoutant au tellure fondu une faible proportion d'As ou de Bi, a obtenu les composés As^2Te^3 et Bi^2Te^3, qui se dissolvent dans l'excès de tellure. L'étude de la solidification de ces solutions conduit à attribuer au tellure une constante cryoscopique égale à 520. — **M. I. Shukoff**, en calcinant CrO^3 vers 510°, a obtenu un oxyde $2CrO^3.Cr^2O^3$ fortement magnétique. La calcination au-dessous de 485° donne un oxyde de même formule, mais très peu magnétique. — **M. G. Lemoine** montre qu'en présence de la braise la décomposition des alcools en vapeurs se fait, pour une proportion importante, par déshydrogénation, au lieu de se faire presque exclusivement par déshydratation, comme avec le noir animal purifié; il n'y a d'exception que pour l'alcool isopropylique. — **MM. P. Sabatier** et **A. Mailhe** ont étudié l'action des oxydes métalliques sur les vapeurs d'alcools primaires vers 350°. Il peut y avoir : absence de réaction, réduction de l'oxyde, décomposition ou dédoublement catalytique de l'alcool. — **M. L. J. Simon**, en faisant réagir l'acide pyruvique sur la *p*-toluidine, a obtenu une substance instable qui se condense en un acide 2 : 6-diméthylquinoléine-carbonique. — **M. J. Bougault** a reconnu que l'action de l'iode en présence des alcalis sur le phénol aussi bien que sur l'acide salicylique conduit toujours finalement au même composé $(C^6H^2I^2O)^x$, qui est le corps rouge de Lautemann ou tétraiododiphénylènequinone. — **M. M. Guerbet**, en condensant le benzylate de sodium avec les alcools propylique, butylique et isoamylique, a obtenu trois alcools primaires nouveaux $C^6H^5.CH^2.R.OH$. — **M. H. Duval** a étudié l'action de l'acide nitreux sur divers dérivés *o*-diaminés du diphénylméthane et a obtenu tantôt des bis-azoïques seuls, tantôt du phénol et un bis-azoïque. — **M. Mech**, en faisant réagir les chlorures de benzyle *o*- et *p*-nitrés avec l'acétylacétone, a obtenu, outre les dérivés disubstitués déjà décrits, l'*o*- et la *p*-nitrophénylbutanone. — **MM. H. Cousin** et **H. Hérissey**, en oxydant l'eugénol, soit par le ferment oxydant des champignons, soit par le perchlorure de fer, ont obtenu le déhydrodieugénol $C^{20}H^{22}O^4$, F.105°-106°. — **MM. J. Wolff** et **E. de Stoecklin** montrent que, dans l'ensemble des actions catalytiques des peroxydases, il faut mettre à part, comme étant la fonction spécifique d'un enzyme particulier, celle qui consiste à activer la décomposition de IH en présence de H^2O^2. — **M. J. Laborde** a reconnu que la matière colorante des raisins rouges et autres organes végétaux a son origine dans les substances tanniques, dont la solution, traitée par HCl ou oxydée par l'air à l'ébullition, prend une belle coloration rouge. — **M. A. Rosenstiehl** montre que le meilleur moyen de développer le bouquet des vins est de stériliser le jus de raisin et de le faire fermenter par une levure anthogène au-dessous de 20°. — **M. G. André** a déterminé les variations de composition chimique des tubercules et des racines au cours de leur développement.

3° Sciences naturelles. — **M. P. Bonnier** a obtenu la guérison de nombreux malades atteints d'entérite chronique, de constipation ou d'autres affections des organes digestifs en cautérisant légèrement la partie supérieure et antérieure du cornet inférieur du nez. — **M. L. Roule** montre que la notocorde des Vertébrés et celle des Tuniciers n'ont pas une homologie complète : celle des Vertébrés se forme aux dépens directs de l'intestin primitif et celle des Tuniciers à ceux d'un diverticule de cet intestin. — **M. A. Lacroix** décrit un minéral nouveau, la *bityite*, trouvé dans les géodes des pegmatites du mont Bity à Madagascar. C'est un silicate basique, de formule $5SiO^2.4Al^2O^3.7(R^2O+R'O)$, où R = Li, Na, K, et R' = Ca, Gl, Mg. Il est pseudo-hexagonal. — **MM. P. Termier** et **E. Maury** montrent que la Corse orientale est constituée par une écaille de terrains à facies presque briançonnais, ayant à sa base une lame de granit écrasé, reposant sur le complexe schistes lustrés qui repose lui-même sur un granite laminé (protogine). — **M. A. Renier**, par l'étude d'un échantillon trouvé à Héristal (Belgique), établit d'une façon complète l'origine raméale des cicatrices ulodendroïdes du *Bothrodendron punctatum*.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 23 Juin 1908.

M. J. Lucas-Championnière se déclare partisan des injections préventives de sérum antitoxique dans la prophylaxie du tétanos chez l'homme. — **M. L. Landouzy** montre que, dans la leucoplasie des joues et des commissures dite « plaques des fumeurs », la syphilis joue un rôle déterminant; le tabac n'a qu'un rôle occasionnel. Cette leucoplasie a donc une valeur séméiologique capitale.

Séance du 30 Juin 1908.

M. le Président annonce le décès de **M. Aug. Reverdin** (de Genève), Correspondant étranger.

M. Paul Reclus présente un Rapport sur un travail du **Dr Couteaud** concernant l'anesthésie locale et les nouveaux anesthésiques locaux. L'auteur préconise un mélange d'un quart de cocaïne et de trois quarts de stovaïne, qui lui donne des résultats excellents. Le rapporteur fait ressortir qu'avec l'emploi de ce mélange ou celui de la novocaïne, bon nombre d'opérations importantes deviennent possibles avec l'anesthésie localisée, qui fait courir beaucoup moins de danger que la rachi-anesthésie et l'anesthésie générale. — **M. Kermorgant** présente un Rapport sur le concours pour le Prix Monbinne. — **M. Léon Labbé** préconise à son tour le recours à l'injection préventive de sérum antitoxique toutes les fois que l'on se trouve en présence d'une plaie susceptible d'engendrer le tétanos. — **M. N. Gréhant**, à propos d'un accident récent, rappelle qu'il est absolument nécessaire, avant de faire descendre des ouvriers dans un puits ou dans une fosse, d'y introduire d'abord une cage contenant un animal, un cobaye par exemple; si, après un séjour d'une demi-heure, l'animal, ramené au niveau du sol, respire normalement, les ouvriers peuvent descendre sans crainte. — **M. E. Boinet** présente deux observations d'anévrismes intra-péricardiques de l'aorte avec compression des vaisseaux et cavités de la base du cœur.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Juin 1908.

M. Ed. Retterer a observé que l'écorce du cheveu humain et du crin de cheval est constituée par des éléments nucléés qui sont allongés dans le sens du grand axe du poil. Les noyaux ne sont plus formés que de protoplasma granuleux. Quant aux corps cellulaires, leur protoplasma est structuré. — **M. Ch. Gravier** a trouvé, sur la plage de Bella Vista (golfe de Guinée), des colonies de *Siderastrea* qui présentent une adaptation remarquable à la vie en eau trouble. — **M. M. de Kervily** a constaté la présence de fibres élastiques dans les bronches du fœtus dès le début du quatrième mois et celle de grains élastiques à partir de la fin du deuxième mois chez l'enfant. — **MM. J. Teissier** et **L. Thévenot** ont reconnu que le sérum de Trunecek, même injecté dans le sang à dose élevée, n'empêche

Digitized by Google

nullement la production de l'athérome expérimental par l'adrénaline. — MM. **P. Bar** et **R. Daunay** montrent que la réaction de Wassermann ne donne pas d'indications très concluantes pour le diagnostic de la syphilis latente chez le nouveau-né. — M. **G. Bohn** critique les recherches de M. Piéron relatives à l'influence de l'oxygène dissous sur les réactions des Actinies. — Mlle **J.** et M. **G. Bourguignon** ont observé que l'injection d'électrargol provoque le plus souvent une élévation de température, tandis que l'Ag colloïdal non stabilisé provoque une chute de température. — Mlle **J. Bourguignon** et M. **G. Stodel** ont reconnu qu'une solution de Hg colloïdal stabilisée a un pouvoir hémolytique un peu plus faible que celui de l'eau distillée, tandis qu'une solution de Hg colloïdal électrique stabilisée et isotonique n'est pas hémolytique. — M. **G. Faroy** a trouvé, chez un malade atteint de fièvre continue à forme typhoïde, un bacille nouveau, intermédiaire entre le bacille typhique et le paratyphique A de Brion et Kayser. — MM. **N. Tchistovitch** et **V. Jourevitch** mettent en évidence, dans l'infection pneumococcique du chien, l'existence de matières spécifiques, protégeant les microbes contre la phagocytose, et qu'ils appellent *antiphagines*. — MM. **C. Nicolle** et **A. Sicre** sont parvenus à reproduire expérimentalement le bouton d'Orient chez le Singe (*Macacus sinicus*) par inoculation du virus d'un nègre porteur de cette affection. — MM. **E. Wertheimer** et **Ch. Dubois** montrent que, lorsqu'on réunit le bout central d'un nerf sensible au bout périphérique d'un nerf moteur, les propriétés motrices de ce dernier disparaissent définitivement; il n'y a donc pas de régénération autogène. — M. **A. Javal** a constaté que la concentration moléculaire des humeurs de l'organisme augmente progressivement dans certains états pathologiques et après la mort. — MM. **M. Ehni** et **Alexeieff** estiment que le phénomène de Widal appartient à l'anémie essentielle comme aux ictères hémolytiques, alors qu'il fait défaut dans les anémies symptomatiques transitoires. — MM. **R. Legendre** et **H. Piéron** signalent l'existence d'altérations cellulaires du gyrus sigmoïde et de la région préfrontale dans l'insomnie expérimentale. — M. **E. Pozerski** montre que la papaïne est un ferment digestif agissant avec une intensité maxima vers 80° et se distinguant par ce caractère des autres ferments protéolytiques (pepsine, trypsine). — M. **E. Roubaud** a trouvé à Brazzaville, dans le tube digestif du *Pycnosoma putorium*, un Flagellé nouveau, qu'il nomme *Leptomonas mirabilis*. — MM. **L. Lapicque** et **H. Laugier** ont constaté, chez quelques Vertébrés inférieurs, qu'à des yeux plus grands correspond un encéphale plus lourd. — MM. **C. Levaditi** et **S. Mutermilch** ont reconnu que l'antigène cholérique, soluble dans l'alcool à 85° et thermostable, résiste à l'action des solutions relativement faibles d'acides et d'alcalis; il peut être régénéré après la neutralisation des solutions N/10 d'HCl. — M. **M. Doyon** a obtenu l'incoagulabilité du sang par l'injection du curare dans les veines. — M. **S. Marbé** a constaté que le pouvoir opsonique du sérum s'abaisse chez les animaux éthyroïdés. — MM. **M. Chiray** et **A. Lamarre** montrent que, dans les bains et douches, le sens des échanges hydriques transcutanés est, pour une eau donnée, réglé par la température, les sujets prenant du poids au-dessous de 34° et en perdant au-dessus de 38°. — MM. **H. Dominici** et **P. Merle** ont observé une tumeur composite du foie, formée par la combinaison d'un épithéliome et d'un sarcome embryonnaires greffés sur une cirrhose.

Séance du 27 Juin 1908.

M. **Ed. Retterer** a constaté que la moelle de la plupart des poils est formée de cellules dont les centrales se ratatinent, se dessèchent et se remplissent d'air. Dans les crins de la queue du cheval, les cellules médullaires continuent à évoluer dans la tige comme dans la racine : elles se transforment en substance corticale. — MM. **Ed. Lesné** et **L. Dreyfus** ont constaté que l'injection de glucose favorise l'infection par le microbe du choléra des poules ou l'intoxication chez les cobayes rendus hyperthermiques. — MM. **A. Sartory** et **A. Jourde** ont déterminé le pouvoir pathogène des *Sterigmatocystis nigra* et *carbonaria*; il est sensible chez le lapin avec une émulsion de 4 centimètres cubes. — MM. **M. Nonnotte** et **A. Sartory** indiquent un procédé pratique de conservation des préparations microscopiques de végétaux, basé sur le lavage à l'alcool, puis au xylol. — M. **H. Roger** a trouvé dans le jaune d'œuf un ferment amylolytique; une partie est liée aux graisses et soluble dans l'éther; une autre portion est liée aux albumines et soluble dans l'eau; le reste est lié au résidu insoluble. — M. **C. Fleig** a observé une augmentation de résistance du cœur et des centres moteurs médullaires chez les animaux chloralosés. — — M. **A. Lévy-Franckel** a constaté, dans la méningite tuberculeuse, une température axillaire plus élevée que la température rectale. — M. **Cl. Regaud** a reconnu que, dans les cellules à bordure striée du rein de la Lamproie, de la Salamandre, de la Grenouille et de la Couleuvre, les formations mitochondriales sont un élément constant, mais morphologiquement très variable du protoplasma. — M. **E. Brumpt** a observé que le Lérot, inoculé avec le *Trypanosoma gambiense*, guérit pendant l'hibernation, par suite de la diminution de vitalité du parasite due au froid et d'une phagocytose intense. — MM. **J. Camus** et **Ph. Pagniez** ont constaté que, plus une saignée se prolonge, plus les leucocytes sont retenus dans l'appareil vasculaire, plus il y a rétention leucocytaire. — MM. **C. Levaditi** et **S. Mutermilch** montrent que l'antigène cholérique est soluble dans l'alcool à 85° et résiste à l'ébullition; injecté au lapin, il provoque l'apparition d'anticorps bactériolytiques, d'agglutinines et d'opsonines thermostables. — M. **A. François-Franck** donne quelques indications techniques générales sur les procédés sphygmo-volumétriques applicables à l'homme. — M. **H. Busquet** a observé que le seuil de l'excitation du pneumogastrique produisant l'arrêt cardiaque présente une grande fixité chez la grenouille. — M. **R. Gaultier** montre que l'élévation de pression artérielle joue un rôle dans la production de l'athérome expérimental par injection d'adrénaline, à côté de la toxicité propre de ce dernier corps. — M. **G. Bohn** estime que plus de 30 facteurs différents interviennent dans les réactions des Actinies. En général, les animaux contrariés dans leurs habitudes se ferment. — M. **A. Frouin** a pratiqué sur le chien la suture des deux carotides aux deux jugulaires, combinée à la ligature des deux vertébrales. Lorsque l'opération a lieu en deux temps séparés, on n'observe aucun trouble.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 2 Juin 1908.

M. **G. Denigès** montre qu'en milieu alcoolique un grand nombre de substances donnent la réaction de Pettenkofer-Mylius. — M. **A. Le Dantec** a trouvé une levure dans les fèces de malades atteints du *sprue*; il estime qu'on se trouve en présence d'une véritable blastomycose intestinale. — Le même auteur a obtenu la guérison des diarrhées chroniques des pays chauds par un régime albuminoïde exclusif de dix jours, qui fait disparaître les bacilles vivant aux dépens des hydrates de carbone, suivi d'un réensemencement de l'intestin par le bacille bulgare. — MM. **J. Gautrelet** et **P. Lande** montrent qu'il n'y a pas lieu de considérer la disparition de l'oxyhémoglobine dans un temps limité comme un signe certain de mort, le temps de réduction étant très variable. — M. **L. Gentes** a étudié l'évolution des lobes latéraux de l'hypophyse du *Torpedo marmorata*. Ce sont des dépendances directes du sac inférieur, dans la cavité duquel ils débouchent en dedans; leur extrémité externe est libre et fermée en cæcum. Les deux sacs de la Torpille sont contemporains l'un de l'autre; ils représentent les portions

Digitized by Google

supérieure et inférieure d'une même cavité primitive qui, par une constriction circulaire, a été transformée en bissac.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 16 Juin 1908.

M. G. Daumézon a observé, chez les Synascidies, une tendance de la tunique vers une protection plus efficace des individus. — **M. L. Raybaud** a étudié l'action de la lumière sur la végétation du *Rhizopus nigricans*; sous verre blanc ou jaune, il y a un phototropisme positif très net. — **M. Ch. Roche** décrit une expérience simple, exécutée sur les doigts de la main et qui conduit à mettre en doute l'existence d'un sens musculaire. — **M. C. Gerber** a étudié l'action du borax et de l'acide borique sur les présures végétales. Le borax présente une phase retardatrice initiale, suivi du schéma classique de l'action accélératrice, puis retardatrice; l'acide borique est un accélérateur plus énergique que le sel de sodium correspondant. — **MM. Gerber** et **J. Cotte** ont constaté, chez l'*Arceuthobium juniperorum*, la présence d'acide malique libre et une grande richesse en calcium. — **M. A. Briot** montre une écrevisse qui présente une anomalie de la première patte copulatrice droite, celle-ci étant divisée en plusieurs articles.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 12 Juin 1908.

M. E. Fouard a continué l'étude des propriétés de la solution parfaite d'amidon isolée par filtration à travers une membrane de collodion. L'abaissement cryoscopique est nul et l'examen ultra-microscopique donne un résultat négatif. Une filtration du même colloïde sur des collodions de textures diverses montre que la membrane possède les propriétés d'un analyseur moléculaire, la solution vraie pouvant renfermer des espèces de condensation différente. Une simple concentration, puis une dilution, pratiquées successivement sur la solution parfaite, rétablissent l'état colloïdal; cette transformation est le résultat d'une réaction d'hydrolyse réversible. En laissant vieillir une solution ainsi modifiée, elle se prend en gelée compacte par une coagulation spontanée. Enfin, la mesure répétée de la conductivité électrique du filtrat a conduit l'auteur à considérer la formation granulaire comme résultant d'une séparation de la partie minérale et de la partie organique du filtrat. — **M. Billy** présente une colonne à purifier ou à absorber les gaz à effet continu. Le gaz rencontre du réactif de plus en plus pur à mesure qu'il s'élève, et sort complètement purifié ou absorbé entièrement. Grâce à deux fermetures hydrauliques, l'air ne peut pas rentrer dans la colonne quand même le réservoir de liquide se vide complètement. — **MM. P. Freundler** et **L. Maillard** ont cherché à faire la synthèse du pyrane par oxydation catalytique de l'amylglycol-1:5 suivant la méthode de Sabatier et Senderens. Une faible partie du glycol se transforme en une aldéhyde liquide assez volatile, qui semble être un produit de déshydratation interne de l'aldéhyde glutarique. — **M. M. Delépine** a transformé les chloro-iridates de Na, K et AzH^4 en chloro-iridites par l'oxalate alcalin correspondant. Avec le sel de Na, on a le composé bien connu $IrCl^6Na^3.12H^2O$. Avec les deux autres, la concentration donne un mélange de sels $IrCl^6M^3$ et $IrCl^5(H^2O)M^2$, par suite de l'existence d'une réaction réversible : $IrCl^6M^3 + H^2O = IrCl^5(H^2O)M^2 + MCl$. — **M. Rosenstiehl**, répondant à des critiques de M. Mestrezat, confirme le dédoublement de l'acide malique en CO^2 et acide lactique, au moins dans les moûts du Nord. On ne peut se baser sur des résultats négatifs, constatés dans le Midi, pour nier des faits observés à la limite septentrionale de la culture de la vigne. La différence des climats entraîne une différence des raisins.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 5 Mars 1908.

MM. F. T. Trouton et **A. O. Rankine** : *Sur la résistance électrique de la matière en mouvement.* La question du mouvement relatif entre la Terre et l'éther environnant est discutée depuis de nombreuses années. De temps à autre, elle a été le sujet de recherches importantes, qui n'ont donné aucun résultat positif. L'expérience décrite dans ce Mémoire ne diffère pas de celles qui l'ont précédée à ce point de vue, n'apportant aucune information définie sur la question principale. Indirectement, le but était de mesurer la direction et la grandeur du déplacement de l'éther, la méthode actuelle ayant essayé de démontrer l'existence de la contraction Fitzgerald-Lorentz, que l'on suppose avoir masqué l'effet des expériences directes de Michelson et Morley et de Trouton et Noble. Voici les conclusions des auteurs : 1° La résistance électrique d'un fil ne varie pas d'une quantité excédant 5×10^{-10} de sa valeur totale par un changement quelconque de sa position relative à son mouvement à travers l'espace. 2° Dans l'hypothèse que la contraction Fitzgerald-Lorentz a un effet réel, la résistance spécifique d'une substance dépend de la direction d'écoulement du courant, étant plus grande pour un courant s'écoulant parallèlement à la vitesse de la substance à travers l'espace que pour un courant dans une direction perpendiculaire. Les expériences montrent que la grandeur de ce changement de résistance spécifique est certainement à 2 °/₀ près suffisante pour compenser le changement de longueur. — **M. E. Gold** cherche à déterminer *la relation entre la vitesse du vent à 1.000 mètres d'altitude et la distribution de la pression à la surface.* L'auteur montre que l'effet des irrégularités de la surface terrestre sur le mouvement horizontal de l'air est pratiquement annihilé à 1.000 mètres d'altitude et que l'on peut obtenir des valeurs définies de la vitesse du vent aux altitudes modérées, en partant des observations superficielles de pression et de température, au moyen de la formule :

$$\frac{(wr \sin \lambda \pm v)^2}{r} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{(wr \sin \lambda)^2}{r},$$

où $1/r$ est la courbure de la trajectoire, p la pression atmosphérique, ρ la densité et v la vitesse de l'air en mouvement, λ la latitude et w la vitesse angulaire de la Terre autour de son axe. — **M. T. E. Thorpe** a procédé à la *détermination du poids atomique du radium.* Il est parti du chlorure de radium, purifié par 9.400 cristallisations fractionnées, et il l'a transformé en chlorure d'argent. La moyenne des déterminations est de 226,7, nombre très proche de celui qui a été trouvé récemment par Mme Curie.

Séance du 12 Mars 1908.

MM. C. Dorée et **J. A. Gardner** : *L'origine et la destinée du cholestérol dans l'organisme animal.* I et II. Ces deux Mémoires jettent une nouvelle lumière sur la question intéressante de la part prise par le cholestérol dans l'économie. Les auteurs font, tout d'abord, un examen très complet et très minutieux de l'excrétion du cholestérol par le chien. L'animal a été nourri pendant des périodes variant entre quatorze et trente jours avec des aliments qui contenaient des quantités très différentes de cholestérol. On a trouvé que, dans chaque cas, l'excrétion du cholestérol dans les fèces est une fonction de la nourriture absorbée. Ainsi, en dix-sept jours de nourriture avec de la viande de cheval, on a récupéré 1 gramme de cholestérol; en trente et un jours de nourriture de farine d'avoine et d'eau, seulement 0 gr. 1. Avec une nourriture de cervelle crue, laquelle est riche en cholestérol, on a observé un très intéressant résultat. En quatorze jours, l'excrétion s'est élevée à 17 grammes, et elle consistait entièrement en coprostérol, le dihydrocholestérol normalement présent dans

Digitized by Google

les fèces humaines. Dans chaque expérience, la quantité de cholestérol trouvée a été bien inférieure à celle qui aurait été déversée dans l'intestin avec la bile. Dans les excréments des animaux herbivores, le produit principal du cholestérol est l'hippocoprostérol, qui est un alcool $C^{27}H^{54}O$, fondant à 79° C. Mais loin d'être, comme on le supposait auparavant, un produit de réduction du cholestérol dans l'intestin de l'animal, c'est simplement un constituant de l'herbe prise comme nourriture, ce qui a été finalement et clairement prouvé en nourrissant un lapin avec de l'herbe de laquelle le chortostérol (comme les auteurs proposent de le renommer) avait été extrait par l'éther. Ce corps ne pouvait donc plus être obtenu par les fèces. On n'a trouvé aucune trace de cholestérol dans les excréments de l'herbivore examiné, et ainsi il paraît probable que le cholestérol de la bile est actuellement absorbé dans l'intestin, point soumis à de nouvelles recherches. — **MM. J. E. S. Moore** et **A. Breinl** : *L'évolution du Trypanosoma equiperdum.* Les auteurs montrent que, pendant l'infection des rats par la dourine (maladie des chevaux causée par le *Tr. equiperdum*), c'est-à-dire par une forme de trypanosome qui, dans les circonstances normales, n'exige pas deux hôtes distincts pour son évolution, il existe chez les parasites un cycle évolutif très analogue à celui qu'on observe pendant les périodes d'infection positive et négative successives des mêmes animaux par le *Tr. gambiense.* Les parasites, après introduction dans le rat, se multiplient par fission longitudinale, accompagnée de division amitotique du noyau. Après ce processus, une réaction a lieu entre le centrosome extra-nucléaire et le noyau (stade sexuel?). La division a lieu de nouveau, et finalement les trypanosomes sont convertis en corps ronds, qui correspondent aux corps latents du *Tr. gambiense*, mais possèdent deux flagelles longs et délicats. — **M. M. C. Potter** : *Les bactéries comme agents d'oxydation du carbone amorphe.* Dans certaines conditions d'exposition à l'air, il se produit une lente oxydation du carbone amorphe par les bactéries. Ce fait a été établi d'une façon concluante par des expériences sur des matières charbonneuses, telles que le charbon de bois, le noir de fumée, la houille et la tourbe. Ces substances, soumises à l'action bactérienne, dégagent de l'acide carbonique qui est estimé volumétriquement par l'absorption dans une solution de baryte et la titration avec les acides oxalique et chlorhydrique normaux. La quantité de CO^2 dégagée augmente en proportion de l'élévation de la température; CO^2 cesse de se dégager à une température supra-vitale. Il n'y a pas de dégagement de CO^2 dans des conditions de sécheresse parfaite qui empêchent la vie bactérienne. Une élévation distincte de la température a lieu par l'action des bactéries. La chaleur engendrée est déterminée par la mesure, avec un galvanomètre, de la force électromotrice produite par la différence de température entre deux thermo-éléments, l'un placé dans un flacon stérile et l'autre dans un flacon inoculé. Le dégagement de CO^2 et l'élévation de température qui l'accompagne n'ont pas lieu lorsqu'on préserve les matières charbonneuses de l'intrusion de micro-organismes. La chaleur dégagée par l'activité microbienne joue un rôle dans l'oxydation et la combustion spontanées du charbon; elle peut être une force motrice dangereuse agissant sur des gaz explosifs. L'action oxydante des bactéries doit être en grande partie responsable de la désintégration de la houille et de la forte dépréciation qu'elle subit dans les entrepôts. La houille et la tourbe, ainsi que les autres matières organiques, sont capables de décomposition aussitôt que les conditions sont favorables à la vie d'organismes aérobies. Le carbone est alors une fois de plus libéré sous forme de CO^2 pour jouer son rôle dans le cycle vital. On peut, par conséquent, concevoir que les grandes quantités de carbone enfermées dans les houillères du monde peuvent devenir utilisables pour la nutrition de la plante sans l'intervention d'une combustion directe.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 Juin 1908.

MM. E. Bellini et **A. Tosi** décrivent leur *système de télégraphie sans fil dirigée.* La méthode adoptée consiste à superposer leur système bilatéral déjà décrit à un système d'antenne vertical ordinaire. Comme les deux demi-diagrammes des parties aériennes directrices sont de phases opposées, quand les deux systèmes (directeur et antenne verticale) sont excités simultanément et en phase, une moitié de la radiation dirigée s'ajoutera et l'autre moitié se retranchera de la radiation due à l'antenne verticale; il n'y aura donc plus de radiation que dans une seule direction. Le diagramme du système vertical étant un cercle, le diagramme résultant de la superposition des deux systèmes en phase sera une cardioïde dont le rayon vecteur maximum est le double de celui du diagramme du système directeur seul. Au moyen du radiogoniomètre, on peut varier à volonté la direction de l'émission maximum. Le même principe de superposition de deux systèmes a été appliqué au cas de la réception. — **M. J. Morrow** présente ses *recherches sur les vibrations latérales et la déviation des barreaux* dont une extrémité est fixée dans un mur et l'autre dirigée. Quand le barreau vibre sous l'effet de sa masse seule, le problème se traite facilement par les méthodes ordinaires; quand une force longitudinale s'ajoute à sa masse, on n'obtient qu'une solution approximative, quoique suffisante pour les besoins de la pratique. Enfin, l'auteur envisage encore le cas où le barreau est chargé. Les résultats des expériences confirment les déductions de la théorie. — **M. C. H. Lees** a cherché à déterminer la *résistance d'un conducteur dont la section change brusquement.* Si les conducteurs sont de section rectangulaire et d'épaisseur uniforme, la largeur variant seule, et que ces conducteurs soient réunis, soit par leur axe ou par deux côtés adjacents, la résistance entre deux sections transverses — prise en des points situés à une grande distance du changement de section et des deux côtés opposés — est égale à la somme des résistances des portions de conducteur entre chacune des deux sections et le changement de section, — considérées chacune comme une partie d'une longueur infinie, — plus la résistance d'une longueur de chaque conducteur égale à sa largeur multipliée par une expression donnée. — **M. J. W. Nicholson** : *L'inductance de deux fils parallèles.* Quand des courants direct et de retour parcourent deux fils de grande longueur, et que l'alternance n'est pas trop rapide, la self-induction effective par unité de longueur du système peut être calculée facilement par simple intégration. Si les fils ont des rayons a et b et des perméabilités μ et ν, et si C est la distance entre leurs axes, on a : $L = 2 \log C^2/ab + 1/2(\mu + \nu)$. Cette formule est souvent de peu de valeur pratique quand les fréquences sont de plusieurs milliers par seconde. Le cas général présente de grandes difficultés mathématiques, mais l'auteur arrive à une solution pratique en transformant une série harmonique contenant des fonctions de Bessel du type k_n finies à l'infini en une série analogue rapportée à une nouvelle origine.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 4 Juin 1908.

MM. E. H. Rennie, A. J. Higgin et **W. T. Cooke** ont constaté qu'en général l'addition de nitrates métalliques accélère la dissolution du cuivre dans l'acide nitrique; seuls, ceux de Rb et Cs la retardent. Ces effets sont dus à l'enlèvement d'eau ou d'acide nitrique de la solution, ayant pour conséquence une concentration ou une dilution de l'acide nitrique. — **MM. M. O. Forster** et **H. E. Fierz** ont préparé avec le chlorure d'allyle et l'azoture de Na l'allylazoïmide $CH^2 : CH.CH.Az^2$, Eb. 76°,5. Elle se transforme spontanément

Digitized by Google

en un isomère diazoaminé, F. 192° avec décomposition. — MM. **F. L. Pyman** et **W. C. Reynolds** ont préparé un certain nombre d'acides bisaminoarylarsiniques. L'acide bis-*p*-aminophénylarsinique fond à 248°-249°. — M. **W. Godden** a obtenu des produits de condensation de la glycine et de l'acide aspartique avec l'acide aminopinènedicarboxylique. — M. **J. S. Jamieson** indique une réaction délicate des bromures seuls ou en présence de chlorures. La solution à essayer est chauffée avec 1 ou 2 centimètres cubes d'H^2SO^4 et autant de bichromate de K; elle est refroidie et agitée avec $CHCl^3$. La couche chloroformique, lavée, est agitée avec une solution de KI diluée; une coloration violette indique la présence de Br. — MM. **W. H. Perkin jun.** et **W. J. Pope** poursuivent leurs recherches sur la synthèse de l'acide 1-méthylcyclohexylidène-4-acétique. — M. **G. D. Bengough** décrit une méthode pour la mesure de la vitesse de changement dans les alliages solides. On chauffe des morceaux d'alliage métastable à une température choisie pendant des temps divers. Puis les morceaux sont plongés dans l'eau pour stéréotyper les phases présentes à cette température. On prend des microphotographies, qu'on agrandit sur papier. Les proportions relatives des phases peuvent être déterminées en les découpant séparément sur l'épreuve et en les pesant. On construit ensuite des courbes en portant sur un axe les temps et sur l'autre les pourcentages de chaque constituant. — M. **Ch. Ed. Fawsitt** a déterminé la viscosité de quelques sels et métaux fondus à leur point de fusion ou à des températures également éloignées de leur point de fusion. La viscosité des sels examinés n'a jamais dépassé 0,03 unité G.G.S.; celle de l'eau à 20° est de 0,01. La viscosité d'un mélange de nitrates de Na et K présente un maximum pour une composition correspondant au mélange eutectique. Les viscosités diminuent lorsque la température s'élève. Les métaux ont aussi une faible viscosité : celles de Pb et de Sn sont le triple de celle de l'eau. — M. **S. Smiles**, en chauffant l'acide 2-chloro-5-nitro-benzènesulfonique avec les nitroanilines, a obtenu les acides diphénylamine-*o*-sulfoniques. — Mlle **A. Homer** et M. **J. E. Purvis** ont étudié spectroscopiquement les trois hydrocarbures formés dans l'action d'$AlCl^3$ sur le naphtalène : $C^{14}H^{16}$ est un dérivé du naphtalène, $C^{28}H^{26}$ un dérivé du ββ-dinaphtyle et $C^{26}H^{22}$ un dérivé alkylé du picène. — M. **R. W. Everatt** a étudié l'effet de la constitution sur l'activité optique des iodures d'ammonium substitués. Les rotations des iodures sont plus grandes dans le chloroforme que dans l'alcool, et ces dernières plus grandes que celles de l'ion basique dans l'eau. Les solutions chloroformiques deviennent inactives par racémisation. — MM. **A. G.** et **F. M. Perkin**, par oxydation électrolytique de l'acide gallique, ont obtenu le purpurogallinecarboxylate de sodium, $C^{11}H^7O^5CO^2Na.4H^2O$. L'acide purpurogallinecarboxylique, traité par KOH concentrée, forme de l'acide purpurogallon-carboxylique, F. > 360°. — M. **A. G. Perkin** a déterminé de nouveau la constitution de la morindine et a trouvé la formule $C^{26}H^{28}O^{14}$. Le dérivé acétylé $C^{26}H^{20}O^{14}(OC^2H^3)^8$ fond à 246°-248°. Il semble que la morindine du *Morinda citrifolia* n'est pas identique à celle du *M. umbellata*. — MM. **W. R. Lang**, **J. F. Mackey** et **R. A. Gortner** ont préparé une série d'éthers de l'acide arsénieux en chauffant des alcools et des phénols avec l'anhydride arsénieux au refrigérant à reflux contenant du sulfate de cuivre anhydre pour retenir l'eau formée. Le rendement atteint ainsi 55 à 60 °/₀. — M. **W. H. Glover** a préparé de nouveaux dérivés de l'α-méthylcamphre; ce corps se comporte tout à fait différemment de la fenchone, et celle-ci ne peut avoir la formule proposée par Wallach. — M. **A. Lapworth** et **E. Fitzgerald** ont constaté qu'à 18°,2 la vitesse initiale de l'hydrolyse de l'acétate de méthyle est presque indépendante de la concentration de l'eau entre les limites de 4 à 30 °/₀ dans l'acétone. Dans l'acétone, l'alcool diminue la vitesse initiale d'hydrolyse de l'acétate de méthyle, mais l'effet de l'eau sur la réaction inverse est plus grand, et la vitesse d'éthérification de l'acide acétique est, très grossièrement, inversement proportionnelle à la concentration de l'eau entre 4 à 20 °/₀. Il en résulterait que la vitesse d'hydrolyse d'un éther est intrinsèquement proportionnelle à la concentration de l'eau, mais elle est diminuée par son action sur le milieu et par l'ionisation de HCl.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 19 Mars 1908.

M. **H. Landolt** adresse un Mémoire sur les prétendues variations du poids total des corps prenant part à une réaction chimique. La *Revue* a publié sur ce sujet un article spécial dans son numéro du 30 juin.

Séance du 26 Mars 1908.

M. Waldeyer adresse un Mémoire de M. **L. Jacobsohn**, privat-docent à l'Université de Berlin, sur *les noyaux de la moelle épinière humaine*. L'auteur y donne la topographie détaillée des cellules de la moelle épinière, dont une partie seulement peuvent s'ordonner suivant des groupes bien définis. Les cellules nerveuses restant en dehors de ces groupes sont des types moyen et petit; elles sont distribuées sur la presque totalité de la substance grise.

Séance du 2 Avril 1908.

M. **Waldeyer** présente un Mémoire sur la « voie stomacale », qui, suivant sa définition, est celle qui conduit du *cardia* de l'estomac jusqu'au *pylore*, le long de la petite courbure, voie praticable aussi dans le cas d'un estomac rempli et qui se distingue par une disposition spéciale des plis des muqueuses. — M. **Branca** adresse une remarque ultérieure au sujet du problème de l'embryon des Ichtyosaures. Les analogies signalées avec les phénomènes constatés dans le cas des baleines confirment l'hypothèse suivant laquelle les petits trouvés à l'intérieur des Ichtyosaures ne seraient pas tous des embryons.

Séance du 9 Avril 1908.

M. **F. E. Schulze** adresse un Mémoire relatif aux *poumons de l'autruche africaine*. Le représentation stéréoscopique de sections minces préparées par injection fait voir à l'évidence que les embouchures extrêmes du système de canaux donnant passage à l'air, dans les poumons de l'autruche, se composent, non pas, comme chez les Mammifères, de conduites ramifiées garnies d'alvéoles et se terminant à vide, mais d'un système de capillaires aériens s'anastomosant de tous les côtés, dont les lacunes sont remplies par un système correspondant de capillaires sanguins.

Séance du 23 Avril 1908.

M. **J. H. Van't Hoff** présente une dernière Note au sujet de ses recherches sur la formation des dépôts salins océaniques, traitant des borates de potassium, de sodium, de calcium et de magnésium, qui accompagnent les dépôts salins naturels. L'auteur joint à sa Note quelques mots relatifs aux études physico-chimiques et minéralogiques faites par M. H. E. Boeke, de Hanovre, sur l'existence du brome et de l'iode dans les dépôts de sels potassiques.

Séance du 30 Avril 1908.

M. Nernst adresse un mémoire de M. **Eucken** sur la polarisation galvanique due aux décharges de condensateurs et son application aux stimulus nerveux. Ayant intégré, pour le cas en question, les équations différentielles de la polarisation, l'auteur est arrivé, pour le problème connexe des stimulus nerveux électriques, à une relation simple, laquelle a pu être vérifiée par de nombreuses observations.

ALFRED GRADENWITZ.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Mars 1908.

M. E. Lampe présente l'énoncé et la solution de deux problèmes élémentaires de Mécanique relatifs à une certaine classe de corps. — **M. H. Diesselhorst** adresse une Note au sujet de ses *appareils de démonstration pour l'analyse des vibrations électriques*, appareils basés sur le principe de l'oscillographe à effluves de Gehrcke. Les miroirs tournants entrant dans leur construction sont de dimensions assez grandes et doivent être d'une solidité remarquable et d'une compensation mécanique précise. Le premier de ces appareils est constitué par la combinaison d'un moteur électrique avec un miroir monté sur son axe; l'ampoule oscillographique, disposée en parallèle à l'axe, est excitée par les vibrations de décharge d'une bouteille de Leyde. Le second appareil, construit sur les indications de l'auteur, facilite l'observation subjective, en établissant le synchronisme entre la rotation des miroirs et la production des étincelles. Un moteur est accouplé à une petite dynamo à courant alternatif servant à actionner la bobine d'induction. Comme le miroir est monté sur l'axe, entre le moteur et la dynamo, le synchronisme est constamment maintenu. Un dispositif spécial permet d'établir de petites divergences de phase entre la rotation du miroir et la production des étincelles. Ces appareils permettent d'étudier, par exemple, les phénomènes qui se produisent, suivant la théorie établie par M. Bjerknes et M. Max Wien, dans l'accouplage de deux circuits vibratoires. Ils sont construits par M. H. Boas, à Berlin.

Séance du 1er Mai 1908.

M. O. Lehmann adresse une *Note relative aux cristaux liquides, aux formes myéliniques et à la force musculaire.* Il y explique de la façon suivante les phénomènes présentés par la lécithine et, par là, la nature même des cristaux doués d'une vie apparente : la lécithine, insoluble dans l'eau, est d'autant plus soluble dans l'alcool dilué que sa température est plus élevée. La séparation se produisant dans le refroidissement s'accompagne d'une stratification, c'est-à-dire qu'il se forme, au sein de la solution aqueuse appauvrie, des gouttes d'une solution sursaturée hautement concentrée, qui se présentent sous la forme de sphères isotropes. Dans ces gouttelettes de liquide huileux, il se dégage, à mesure que le refroidissement continue, des cristaux « coulants » à un seul axe optique, lesquels, au contact de la surface de la goutte, ne tardent pas à s'y étendre, l'axe optique étant disposé partout normalement à cette surface. C'est dire que chaque goutte s'entoure d'une membrane liquide cristalline de structure uniforme, où l'axe optique est partout disposé suivant le rayon. La disposition des molécules d'un cristal liquide creux pareil est due à l'action de la tension superficielle, qui s'exerce à l'encontre de la force directive moléculaire. Aussi doit-il posséder une tendance d'autant plus grande à passer à la forme polyédrique que la couche liquide cristalline est plus épaisse et que la goutte originale a été plus petite. Dans le cas d'une petitesse suffisante de cette dernière, la forme résultante devient instable, la figure stable étant un cylindre aux extrémités arrondies. Ce concours de deux forces aboutira à la formation de baguettes d'une forme analogue aux bactéries. Quand ce cristal creux allongé continue de croître, les molécules nouvellement agrégées, loin de se disposer à l'extérieur, sont poussées vers l'intérieur, où elles déplaceront les molécules existantes, sous l'action de la force morphologique et à l'encontre de la tension superficielle. Lorsque, au contraire, c'est la tension superficielle qui l'emporte, la baguette se rétrécira subitement en une sphère ou se décomposera en deux ou plusieurs sphères, c'est-à-dire qu'il s'établira une division spontanée. Les phénomènes si énigmatiques des cristaux apparemment vivants s'expliquent, on le voit, par le concours de la force morphologique et de la tension superficielle. Or, il sera intéressant de rechercher si ces effets ne constituent pas la cause, au moins partielle, des mouvements protoplasmiques. Les expériences de Th. Engelmann, d'une part, et de M. Verworn, de l'autre, font voir que ces mouvements sont dus à la même cause que les contractions musculaires, c'est-à-dire qu'ils ne sauraient être l'effet pur et simple de différences de tension superficielle. Les déplacements mutuels des particules déterminant ces mouvements doivent être de nature chimique, l'énergie musculaire étant due à l'énergie chimique. Le protoplasma pourrait être un mélange de plusieurs substances formant entre elles, sous l'action d'un stimulus, des combinaisons chimiques partielles. Si le système tout entier était analogue à un cristal liquide allongé, la contraction produirait une forme semblable à un disque, le volume restant approximativement constant. — **M. H. Erfle** adresse une Note relative au *nombre d'électrons à liaison quasi-élastique contenus dans l'atome d'helium.* Il considère les électrons de cet atome au point de vue nouveau de la théorie électronique de la dispersion. La désignation de *quasi-élastique* est due au terme relatif à la force antagoniste, — proportionnelle à la distance de l'électron de sa position d'équilibre, — introduit, pour expliquer les phénomènes de dispersion, dans les équations de mouvement d'un électron. Cette force, qui attire l'électron vers sa position d'équilibre, doit être d'autant plus grande que la longueur d'onde de la vibration propre de l'électron est plus petite. — **M. E. Wiedemann** adresse une Note relative au vase employé pour déterminer les poids spécifiques par le physicien persan Al Bêrûnî. Le compte rendu publié, vers 1121, par Al Châzinî, et que l'auteur a eu l'occasion d'étudier sur un manuscrit personnel de ce savant, fait voir que le mode opératoire d'Al Bêrûnî correspond parfaitement au nôtre. L'auteur joint à sa Note les reproductions de deux figures originales tirées du manuscrit. — **M. H. Kreussler** présente un Mémoire *sur le fer pur.* En raison des grandes modifications que subissent les propriétés physiques du fer, du fait de la présence d'impuretés même très faibles, une étude des phénomènes que présente, surtout au point de vue de l'hystérèse, le fer chimiquement et absolument pur, était d'un grand intérêt. Le fer préparé par l'auteur, à l'état poli, ressemble d'une façon frappante au platine; il est très ductile et malléable. L'acide chlorhydrique ne l'attaque pas sensiblement, même à son point d'ébullition. D'autre part, l'acide nitrique le dissout facilement. Les propriétés magnétiques de ce fer n'ont été que peu étudiées. Son hystérèse est, dans tous les cas, sensiblement supérieure à celle des tôles de dynamos; aussi cette propriété ne serait-elle pas fonction directe des impuretés du fer. L'auteur détermine enfin quelques constantes électriques de cette substance. — **M. E. Regener** rend compte de ses observations *sur une fluorescence scintillante produite par les rayons* β. Des expériences antérieures, faites par le même auteur sur les rayons α, il résultait que le nombre de points lumineux observés sur l'écran fluorescent correspond au nombre de particules α le frappant. En continuant ces recherches, l'auteur s'est attaché à produire une fluorescence scintillante par d'autres rayons corpusculaires, et notamment par les rayons β du radium, dont la nature est par là définitivement établie. L'auteur n'hésite pas à attribuer un caractère scintillatoire à toute fluorescence due aux rayons corpusculaires. Il étendra ses recherches à d'autres espèces de rayonnements.

ALFRED GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 15 15 AOUT 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Alphonse Peron. — La Géologie française vient de faire une perte sensible en la personne de M. Alphonse Peron, Correspondant de l'Institut, décédé à Auxerre le 2 juillet dernier, à l'âge de soixante-quatorze ans.

Sa carrière d'intendant militaire l'amena successivement en diverses régions de la France et de l'Algérie, et il profita de ses loisirs pour s'adonner aux études géologiques, dont Cotteau lui avait donné le goût. Il est surtout connu par les Mémoires qu'il a consacrés aux fossiles de l'Algérie et de la Tunisie, et son *Essai d'une description géologique de l'Algérie* est un ouvrage fondamental pour l'étude de ce pays. Il avait rassemblé d'immenses collections, qu'il mettait toujours avec une grande obligeance à la disposition des travailleurs.

A. Peron collabora à diverses reprises à la *Revue*, surtout par des comptes rendus bibliographiques. Quoique déjà très souffrant, il avait tenu à lui donner l'analyse des *Etudes de Paléontologie tunisienne* de M. Pervinquière, qui a paru dans notre dernier numéro : aussi adresse-t-elle un dernier hommage à la mémoire du regretté savant.

§ 2. — Astronomie

La nuit claire du 30 juin. — Un phénomène aussi curieux que rare a été observé de divers points d'Europe dans la nuit du 30 juin dernier et pendant les premiers soirs de juillet. Le crépuscule, d'un éclat exceptionnel et orné des belles couleurs du soleil couchant, s'est prolongé jusqu'à l'aube, en sorte que celle-ci lui a succédé sans qu'il y ait eu de vraie nuit, d'obscurité complète.

Cette brillante illumination crépusculaire a eu un peu partout de nombreux observateurs, notamment à Copenhague, Königsberg, Berlin, Vienne, Prague, sur les côtes de la Baltique, en Russie, et surtout en Angleterre, où elle paraît avoir atteint son maximum d'intensité dans la nuit du 1er juillet. Entre 10 heures du soir et 1 heure du matin, toute la région nord du ciel, depuis l'horizon jusqu'à 45° d'altitude, présentait sur une vaste étendue, vers l'occident, une couleur rougeâtre, variant du rose tendre au rouge cuivre, tandis qu'une ravissante nuance vert pâle se répandait au Nord-Est. Des cirro-strati planaient au-dessus de l'horizon et étaient également teintés de rouge. A minuit, la clarté était encore assez vive pour permettre de lire une feuille imprimée en caractères fins, sans l'aide d'aucune lumière artificielle.

Un grand nombre de communications, provenant de différents pays et accompagnées de descriptions détaillées de cet étrange phénomène, ont été adressées à la Société Astronomique de France. Plusieurs de celles-ci prouvent que, même en certaines de nos contrées, le ciel a, dans la soirée du 1er juillet, présenté un aspect tout à fait anormal. M. A. Dassigny, curé de Sandaucourt, se trouvant à Fécamp (Seine-Inférieure), a été frappé, ce soir-là, de l'extraordinaire durée du crépuscule. A 10 h. 1/2, on pouvait encore, dans l'intérieur d'un appartement, lire un journal à la clarté du crépuscule.

Mais on n'a pas eu en France d'aussi remarquables manifestations crépusculaires qu'en Angleterre et en Russie. De Brest-Litowsk, par 52°6′ de latitude boréale et — $0^h\ 26^m\ 6^s$ de longitude (méridien de Pulkova), dans le gouvernement de Grodnov (Russie), M. Benjamin Jekhowsky a, de 10 heures du soir à minuit 30 minutes, observé une splendide illumination nocturne, qu'il qualifie d'aurore boréale. Toute la partie septentrionale de l'horizon était, dit-il, occupée par une bande jaune rougeâtre, nuancée d'une teinte verdâtre, et frangée de nuages légers. Cette bande colorée était, vers son milieu, surélevée d'environ 4 degrés au-dessus de l'horizon, et formait un segment très lumineux, dont l'éclat tranchait sur le ciel. A $10^h\ 55^m$, la partie centrale de ce segment est devenue plus rouge, et cette coloration a continué de s'accentuer jusqu'à minuit 30 minutes, moment où les feux crépusculaires ont commencé à pâlir. A $11^h\ 30^m$, on pouvait, sans bougie, sans lampe, lire un ouvrage imprimé en caractères ordinaires. Dans la nuit du 29 au 30 juin, et dans celle du 1er au 2 juillet, le même observateur a contemplé un phénomène analogue, mais beaucoup moins intense.

M. Donitch, astronome, a, de son côté, observé cette

Digitized by Google

remarquable illumination du ciel le 30 juin, à Starya Doubossary (Bessarabie), par 47°7′ de latitude boréale. A 11h 10m du soir, son attention fut attirée par une lueur assez vive, au Nord, entrecoupée de longs stratocumuli qui se déplaçaient rapidement de l'Ouest à l'Est, en laissant à l'horizon une bande pourpre. Au-dessus des nuages, on distinguait comme des filaments plus clairs que le fond vert bleu sur lequel ils se détachaient. Ils changeaient très vite de forme, mais ne se mouvaient pas dans la même direction ni avec la même vitesse que les lambeaux de nuages qui semblaient les toucher. La lueur a persisté jusqu'à 2 heures du matin et ne s'est effacée que devant le jour naissant.

La plupart des observateurs ont attribué ce curieux phénomène à une aurore boréale; mais telle n'est certainement pas son origine, car on n'a constaté ni scintillation, ni arche lumineuse, ni aucune des formes si caractéristiques des aurores polaires, ni perturbations magnétiques. Mais toutes les personnes qui en ont été témoins signalent la présence de cirro-strati ou de strato-cumuli au-dessus de l'horizon. Il s'agit donc bien d'une illumination crépusculaire exceptionnellement brillante, due à des conditions tout à fait spéciales, et à la réflexion lointaine de la lumière solaire soit sur de fines poussières, soit sur des cristaux de glace formant de légers nuages situés à une très grande hauteur. En cette saison, le Soleil s'abaissant peu pendant la nuit au-dessous de l'horizon nord, ses rayons peuvent atteindre les hautes couches aériennes et être réfractés par des particules glacées flottant dans ces régions. Cette explication semble confirmée par l'observation de M. W. J. Lancaster, qui, à Barnt Green (Angleterre), a nettement distingué, pendant la nuit claire, une série complète des sept couleurs du spectre solaire, sur une étendue céleste mesurant au moins 15°, et aussi par ce fait que la plupart des observateurs ont vu l'illumination se déplacer graduellement du Nord-Ouest au Nord-Est, à mesure que le Soleil, caché sous l'horizon, avançait vers l'Orient.

Ajoutons que les cirri qui peuvent donner naissance à ces lueurs nocturnes se tiennent à une hauteur supérieure à 30.000 mètres, et que, suivant M. Clément Ley, les nuages lumineux ou *Nubes fulgens* atteignent une altitude d'environ 95.000 mètres. Leur nature est encore mystérieuse. M. Denning suppose qu'ils peuvent être d'origine météorique.

G. Renaudot.

Vénus sous forme d'anneau. — Lorsque Vénus est presque en conjonction avec le Soleil, on cesse généralement de l'observer : le croissant a rapidement diminué, l'observation nécessite de bonnes conditions atmosphériques, les mesures précises sont difficiles et, enfin, généralement, on n'aime pas exposer au Soleil un instrument important dont la stabilité pourrait être compromise de ce fait.

Cependant, cette phase particulière et assez rare n'est pas sans intérêt : l'atmosphère évidente de la planète crée un crépuscule dont l'arc est mesurable, et, pour les instants où l'air est très calme, on peut apercevoir distinctement le tour entier de la planète. Il reste bien entendu que le bord voisin du Soleil est toujours plus net et plus brillant que le bord opposé : en outre, le disque de la planète paraît plus sombre que le fond du ciel; mais c'est là une apparence toute subjective, qui disparaît lorsque le cercle lumineux n'est pas entièrement perçu.

La phase en anneau de Vénus fut observée dès 1898 d'une façon précise; les mesures faites en 1906 par H.-N. Russell et Z. Daniel sont assez concordantes, et il est à espérer que les conditions atmosphériques soient favorables, en 1914, pour augmenter encore la valeur des déterminations numériques — car les positions opportunes suivantes ne se réaliseront plus qu'en 1972.

§ 3. — Météorologie

La variation diurne de la chute de potentiel. — Sous l'influence de certains facteurs météorologiques, il peut se produire une séparation des ions positifs et négatifs, présents en nombres égaux. C'est ainsi que l'apparition, dans le champ électrique terrestre, d'une couche d'air humide ou poussiéreuse, à faible mobilité des ions, vient déranger le courant de conduction électrique vertical, et, par là, la charge électrique et l'intensité du champ à l'intérieur de cette couche.

Dans un Mémoire récemment publié, M. D. Smirnoff[1] tâche de démontrer que la variation diurne de la chute de potentiel peut être considérée comme étant due aux couches atmosphérique inférieures, sans qu'il y ait, en apparence, le moindre concours des couches supérieures.

Il faut noter qu'en hiver, pendant les faibles ionisations, les charges positives dans les couches atmosphériques supérieures augmentent, et que l'intensité du champ s'accroît. Par analogie, l'on ne saurait expliquer la décroissance du champ observé pendant la nuit, par suite de la variation diurne, par l'influence des couches supérieures, tandis que les couches inférieures se montrent indispensables pour les considérations en question. L'effet du Soleil, renforçant le champ, augmente pour ainsi dire la charge positive de l'air ou la charge négative de la Terre; lorsque la Terre se rapproche du Soleil, pendant l'hiver de l'hémisphère boréal, sa charge négative s'accroît.

La chute de potentiel par les jours sereins s'expliquerait comme l'effet de trois facteurs, à savoir :

1° Le refroidissement nocturne de la couche atmosphérique recouvrant le sol. La diminution de la conductibilité électrique de cette couche provoque une accumulation de charges positives sur le sol, et par là une diminution du champ superposé à cette couche. Le matin, pendant l'échauffement du sol, l'intensité du champ se rétablit;

2° Les courants d'air, ascendants par les jours d'été, charrient des charges positives, tout en laissant un excédent de charges négatives (poussières). Aussi le champ diminuerait-il dans les couches les plus basses;

3° L'effet immédiat du rayonnement solaire provoquerait des charges négatives dans les couches atmosphériques les plus élevées, tout en réduisant les charges positives des couches moyennes et en diminuant la chute de potentiel à la surface de la Terre.

Ce facteur, en raison peut-être d'un retard, ne se manifeste pas d'une façon distincte dans la variation diurne, tandis qu'il se fait sentir parfaitement dans la variation annuelle.

§ 4. — Physique

Les électrons positifs. — On sait que les rayonnements chargés d'électricité négative (rayons cathodiques, rayons β) sont formés d'un flux de corpuscules appelés *électrons*, dont la masse, deux mille fois plus petite que celle d'un atome d'hydrogène, paraît être de nature électromagnétique, et qui peuvent être considérés comme des intermédiaires entre l'éther et la matière pondérable.

Au contraire, les rayonnements positifs (rayons α, rayons-canaux, rayons anodiques) sont constitués, non par des *électrons* comparables aux corpuscules négatifs, mais par des *ions* possédant une masse au moins égale à la masse de l'atome matériel d'hydrogène.

L'existence des *électrons positifs* ne semble guère admise aujourd'hui. Toutefois, quelques physiciens, trouvant des difficultés à rendre compte des propriétés des métaux au moyen des seuls électrons négatifs, ont introduit dans les théories l'hypothèse d'électrons

[1] *Physikalische Zeitschrift*, n° 10, 1908.

Digitized by Google

positifs, bien qu'aucun fait n'en ait révélé l'existence réelle.

Le problème de l'existence des électrons positifs est l'un des plus importants de la Physique. Nous ne pourrons, en effet, tant que nous ignorerons complètement la véritable nature des charges d'électricité positive, qu'émettre sur la constitution de l'atome des hypothèses non justifiées par une base expérimentale.

Depuis deux ans, l'étude des phénomènes magnéto-optiques dans les terres rares[1], à partir de la température de l'hydrogène solide jusqu'à la température de l'étincelle condensée, a donné, pour la première fois, un solide appui à l'hypothèse des électrons positifs.

Puis, M. Lilienfeld[2] a observé, avec les décharges dans les gaz raréfiés, des phénomènes qu'il a attribués à des électrons positifs ; mais MM. Bestelmeyer et Marsh, avec un dispositif semblable, n'ont pu obtenir que des *électrons négatifs* et des *ions positifs*. La question est restée en suspens, M. Lilienfeld n'ayant ensuite ni confirmé, ni démenti ses expériences.

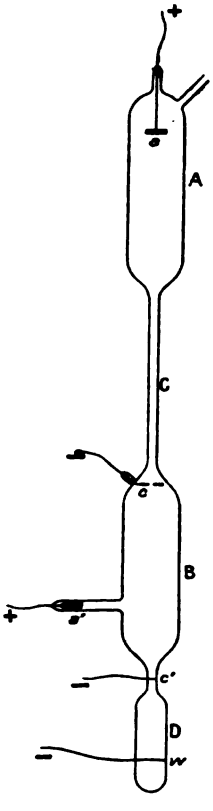


Fig. 1. — Dispositit pour mettre en évidence les électrons positifs. — A, B, C, tube de Crookes; *a*, anode; *c*, cathode; D, ampoule supplémentaire; *c'*, cathode secondaire; *a'*, anode secondaire; w, écran recouvert de willémite.

M. Jean Becquerel, ayant été amené par ses recherches sur les phénomènes magnéto-optiques à la conviction que les atomes renferment des électrons positifs, a cherché à séparer ces électrons de la matière, et a réalisé les expériences suivantes[3] :

Un tube de Crookes est formé de deux parties A et B cylindriques (diamètre, 3cm,5 ; longueur, 10 à 13 centimètres), réunies par un tube étroit C (diamètre, 6 millimètres; longueur, 10 à 15 centimètres). L'anode *a*, formée d'une plaque d'aluminium, est dans l'ampoule A, et la cathode *c* dans B; cette cathode est une plaque d'aluminium de 1 centimètre de diamètre, percée d'un trou de 1 millimètre en face de l'étranglement C, de manière à laisser pénétrer des rayons-canaux dans B, au milieu du faisceau cathodique. Les décharges sont produites par une bobine d'induction ou par une machine statique à 8 plateaux.

Lorsque la pression est assez basse pour que l'ampoule B soit entièrement remplie de corpuscules cathodiques, diverses expériences préliminaires font soupçonner la présence de *corpuscules positifs*, aussi déviables, dans un champ magnétique, que les électrons négatifs. En particulier, si l'on approche la main de l'ampoule B, il se forme sur la paroi du verre, vis-à-vis de la main, une tache blanchâtre extrêmement mobile sous l'influence d'un aimant. Cette tache révèle l'existence d'un afflux positif déviable par un champ magnétique, en sens contraire du sens de la déviation des rayons cathodiques.

Afin de faire sortir les corpuscules positifs de l'ampoule B, l'auteur a ajouté une cathode secondaire *c'*, formée d'un petit grillage ou d'une boucle de 1mm,5, placée à l'entrée d'une ampoule supplémentaire D. Une seconde anode *a'* augmente l'intensité du rayonnement cathodique dans B. Enfin, dans D est disposé un écran *w* recouvert de willémite.

L'écran de willémite étant chargé négativement, on voit se former sur lui une tache phosphorescente due à des rayons-canaux insensibles à un faible champ magnétique.

Lorsque la pression est inférieure à 1/300 de millimètre (avec l'air) et *à la condition que les rayons cathodiques émanés de c arrivent jusqu'en c'*, on observe, *en plus de la tache formée par les rayons-canaux*, une autre tache moins intense, qui est fortement déplacée lorsqu'on approche un aimant vis-à-vis de *c'* ou en face des parois de B entre c et *c'*. La direction et le sens du déplacement prouvent l'existence, entre les deux cathodes *c* et *c'*, d'un faisceau attiré par *c'*, et *dévié normalement aux lignes de force, dans le sens correspondant à un flux de charges positives.*

Entre la cathode secondaire *c'* et la tache mobile, on observe dans D un faisceau qui illumine le gaz en bleu. Ce faisceau n'est pas par lui-même sensible au champ magnétique, et est seulement le prolongement d'un faisceau dévié. De plus, la tache formée par ce faisceau sur l'écran *w* ne change ni d'intensité, ni de position, ni de forme, que l'écran soit chargé ou non. *Le faisceau émané de c' paraît donc avoir perdu sa charge.* Le rayon déviable à l'aimant n'existe que grâce à la présence simultanée des rayons-canaux et des rayons cathodiques. Si les rayons-canaux émanés de *c* sont supprimés, le phénomène disparaît, et si les rayons cathodiques sont écartés, il ne reste plus sur l'écran *w* que la tache produite par les rayons-canaux ordinaires.

On doit d'abord chercher à expliquer ces faits au moyen des rayonnements actuellement connus, et l'on est conduit ainsi aux hypothèses suivantes ;

1° Le faisceau mobile serait dû à des rayons-canaux déviés par suite d'une déformation du champ électrique qui oriente les ions positifs.

Cette hypothèse est à rejeter ; en effet, la tache phosphorescente mobile est parfaitement distincte de celle des rayons-canaux, qui reste pratiquement fixe. D'ailleurs, une autre expérience a montré que la déformation du champ électrique produite par le déplacement des rayons cathodiques sous l'influence de l'aimant est négligeable;

2° Le champ électrique peut n'avoir pas la même direction en tous les points de la cathode secondaire, et, si les rayons-canaux passent tantôt par une région, tantôt par une autre, ils peuvent subir des changements de direction.

L'un des tubes employés a montré que cette interprétation ne peut convenir : on observait, en effet, les rayons-canaux émanés de toute la cathode *c'*, aussi bien des bords extérieurs que du centre. Ces rayons-canaux étaient toujours absolument distincts du faisceau progressivement déviable par l'approche d'un aimant ;

3° Le faisceau dévié pourrait être dû à des ions de très faible vitesse.

Cette hypothèse est encore inadmissible, puisque, à côté du rayon dévié, on observe un rayon-canal qui n'est pas dévié après avoir franchi la même chute de potentiel ;

4° Comme le faisceau issu de *c'* n'est plus électrisé, on peut songer à la formation de systèmes composés d'un électron négatif gravitant autour d'un ion positif.

Mais un semblable système formerait, ainsi que vient de le montrer M. Righi, des *rayons magnétiques*, et l'aimant déplacerait ces corpuscules, non pas normalement, mais parallèlement aux lignes de force magnétiques.

Il ne semble donc pas possible d'expliquer les faits

[1] Jean Becquerel : *Comptes Rendus*, 26 mars 1906 et suiv. *Le Radium*, février, mars, sept., nov. 1907 et janvier 1908. Jean Becquerel et H. Kamerlingh Onnes : *Kon. Akad. Amsterdam* (29 février 1908).

[2] J. E. Lilienfeld : *Deutsche. Phys. Gesell.*, 16 novembre 1906 et 22 mars 1907.

[3] Jean Becquerel : *Comptes Rendus*, 22 juin et 13 juillet 1908.

Digitized by Google

à l'aide des phénomènes actuellement connus. L'hypothèse la plus logique, et peut-être même la seule possible, est que *le rayon-canal, sur son passage dans le faisceau cathodique, est partiellement transformé en rayon d'électrons positifs libres*, comparables aux électrons négatifs, ou, du moins, possédant un rapport de la charge à la masse du même ordre de grandeur. Ces électrons positifs peuvent être rendus libres, soit par l'attraction exercée sur eux par l'atmosphère de corpuscules cathodiques, soit par l'effet des chocs des électrons négatifs, qui, ayant une faible masse animée d'une très grande vitesse, agissent vis-à-vis des masses matérielles comme des projectiles capables de les briser.

Il est probable que le faisceau non électrisé émané de la cathode secondaire, et prolongeant le rayon d'électrons positifs, est un *flux de matière électriquement neutre*, dont la formation est corrélative de la disparition des électrons positifs.

Il est possible que les électrons positifs, sitôt sortis de l'atmosphère de corpuscules cathodiques nécessaire pour les libérer, se recombinent très rapidement avec le gaz du tube. Mais, comme les deux constituants de la matière ont été isolés, il est permis d'émettre une hypothèse plus hardie : peut-être les électrons positifs se combinent-ils directement aux électrons négatifs, et on doit alors se demander quelle est la substance qui prend naissance. Il n'y a aucune raison pour que ce soit le gaz primitivement enfermé dans le tube; ne serait-ce pas le corps le plus simple, l'hydrogène, dont la présence dans les décharges des tubes de Crookes se révèle toujours, même si l'on a pris les plus grandes précautions pour l'éliminer?

§ 5. — Électricité industrielle

L'enregistrement photographique des ondes électriques. — La première méthode indiquée pour révéler la présence d'ondes électriques, méthode qui jusqu'à ce moment est la plus usitée de toutes, est basée sur l'emploi d'un cohéreur, c'est-à-dire d'un tube rempli de poudre métallique qui, sous l'action des ondes électriques, subit des variations de résistance électrique. Bien que le mécanisme de ce phénomène n'ait pas encore été élucidé avec une netteté parfaite, il est probable que les étincelles passant entre les particules de limaille électrique les soudent les unes aux autres de façon à former un pont au passage du courant électrique.

En se fondant sur cette théorie du cohéreur, un ingénieur allemand, M. Joseph Rieder, vient d'entreprendre quelques expériences pour photographier les étincelles formées pendant le passage du courant, et ainsi les ondes électriques auxquelles celles-ci sont dues. Au moyen d'une solution de laque plate, on inscrit un signe sur une plaque de verre; avant qu'il soit tout à fait sec, on le saupoudre d'aluminium pulvérulent et on le met au contact d'une plaque photographique hautement sensible, puis on renferme le tout à l'intérieur d'un châssis protégé contre l'entrée des rayons lumineux. Ayant soumis ce système à l'action d'un train d'ondes électriques, M. Rieder observe un phénomène remarquable : la reproduction parfaite du signe en question sur la plaque photographique. Comme les expériences faites sur des plaques-témoins soustraites à l'action des ondes électriques n'ont donné aucune trace d'impression photographique, on est fondé à admettre que, dans le cas précédent, l'impression était réellement due à l'action des ondes.

Un fait intéressant observé au cours de cette expérience consiste en ce que la poudre métallique, contrairement à ce qu'on devait attendre, se trouve être d'autant moins dense que l'action des ondes a été plus forte. A l'inverse de ce qui a lieu pour les cohéreurs employés pour déceler la présence de vibrations électriques, il n'est aucunement nécessaire de décohérer le tube, c'est-à-dire de détruire l'agglomération des particules métalliques par des chocs imprimés à l'appareil. D'autre part, l'on constate un accroissement des effets en recouvrant d'une feuille métallique le côté postérieur de la plaque de verre.

Après ces observations préliminaires, M. Rieder procéda à la construction d'un appareil spécial : Une solution de colophane ayant été comprimée au moyen d'un timbre de caoutchouc sur une plaque de verre légèrement chauffée, l'inscription ainsi produite est saupoudrée d'aluminium pulvérulent; le dos de la plaque est recouvert d'un enduit de cuivre mince et mis en contact avec une plaque photographique au bromure d'argent à l'intérieur d'un châssis étanche à la lumière. Les étincelles sont produites par une petite machine à influence.

Les résultats de cette expérience, plusieurs fois répétée, ont tous dépassé ce que l'on pouvait attendre. La machine électrique fonctionnant au domicile de l'expérimentateur agissait, en effet, sur une plaque placée dans la rue à environ 70 mètres de distance; une image, cependant très distincte, s'inscrivait sur cette plaque.

Ce dispositif constitue un excellent moyen de révéler le passage d'ondes électriques, convenant aux exigences de la science et de la pratique. Un avantage particulièrement remarquable consiste dans l'inutilité de toute décohération, ce qui permet d'accroître dans de larges proportions la vitesse de fonctionnement de l'appareil. On comprend sans peine qu'une bande de papier photographique, passant en regard d'un petit monceau de poudre d'aluminium, reçoive des impressions photographiques analogues aux traits et aux points des signes de Morse. Un appareil de ce genre se prêterait également à donner des inscriptions caractéristiques de l'allure et de l'intensité des orages.

§ 6. — Chimie physique

Les surtensions dans le dégagement électrolytique des gaz. — Depuis les recherches de Nernst sur les surtensions qui se produisent dans le dégagement électrolytique des gaz, plusieurs auteurs ont tâché d'élucider le mécanisme de ce phénomène.

Dans un Mémoire récemment paru[1], M. H. G. Möller présente une nouvelle tentative d'interprétation, basée sur les forces d'attraction moléculaire qui s'exercent à la surface-limite entre l'électrode et l'électrolyte. La théorie proposée par l'auteur se fonde sur les vues de M. Bakker au sujet de la couche capillaire intermédiaire. Un raisonnement qualitatif permet de constater des relations entre la surtension, les constantes capillaires (angle-limite de la bulle et tension superficielle de l'électrolyte par rapport à l'air) et l'état de la surface de l'électrode, ainsi qu'entre la polarisation et la tension superficielle de l'électrode par rapport à l'électrolyte. L'angle-limite de la bulle sert à évaluer la tension superficielle des métaux solides. Voici les principaux résultats énoncés par l'auteur :

L'influence de l'électrolyte sur la surtension est caractérisée par la courbe des tensions capillaires de l'électrolyte par rapport à l'air. Comme le font voir les mesures faites à différentes températures sur le mercure (les courbes de tension capillaire et de surtension se ramenant l'une à l'autre, grâce à une simple construction géométrique) d'une part, et le cuivre et l'argent, de l'autre, cette courbe est parallèle à la courbe des surtensions.

L'influence de l'électrode sur la surtension est caractérisée par l'angle-limite, dont l'allure est toujours parallèle à cette dernière. Cette loi, d'une parfaite généralité, est confirmée par l'expérience dans le cas de différents métaux, de différents polis, de surfaces comportant des impuretés et de différentes températures.

La formule indiquée par l'auteur, et que les résultats

[1] *Annalen der Physik*, n° 4, 1908.

Digitized by Google

de ces expériences confirment parfaitement, sert de base à une méthode fort commode pour mesurer les surtensions.

Le parallélisme constaté par voie théorique entre l'angle-limite et la polarisation est vérifié par des mesures relatives au mercure ; l'angle-limite se trouve être un réactif très approprié pour indiquer les variations de la tension superficielle.

La nouvelle méthode est employée pour déterminer la courbe de Lippmann dans le cas d'un métal solide, le nickel. Cette courbe fait supposer un maximum se présentant pour 0,38 volt, ce qui concorde parfaitement avec la théorie des potentiels absolus.

§ 7. — Zoologie

L'élevage du poisson en captivité. — Le poisson — et surtout le bon poisson — se fait rare et cher; nos eaux s'appauvrissent. Aussi se préoccupe-t-on d'y remédier par la pisciculture ou la pisciculture. Mais l'élève du poisson est loin d'être facile. Depuis plusieurs années, les naturalistes étudient la question et rencontrent des difficultés qui, jusqu'à ces derniers temps, avaient paru insurmontables. Le poisson de mer ne pond guère en captivité. Puis, quand les œufs, flottant à la surface, ont éclos, les larves passent par une période critique à laquelle, jusqu'à l'an dernier, on n'avait pu les faire survivre.

Au Laboratoire maritime de Saint-Vaast-la-Hougue, — dont l'établissement est dû à M. Edmond Perrier, — on était parvenu plusieurs fois à obtenir la ponte du turbot en captivité. M. Malard, en 1898, M. Danton, en 1904, y avaient réussi. Mais, jusqu'en 1907, on n'avait pu faire survivre les jeunes larves à la période critique, c'est-à-dire la résorption du vitellus. Or, en 1907, M. le Dr Anthony, directeur-adjoint du Laboratoire, a obtenu six pontes successives, de plusieurs millions d'œufs chacune, et il a pu amener au delà de cette période dangereuse une grande quantité de larves, sans que le déchet de l'opération s'élevât à plus de 10 °/₀. Il y a là un fait scientifique intéressant à noter. Mais si, comme on peut l'espérer, le procédé devient pratique, ce peut être un fait industriel des plus importants.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Les transformations du port du Havre[1]. — Placé à l'embouchure de la Seine, à 228 kilomètres de Paris, ouvrant sur une mer comparable à un fleuve maritime, le Havre bénéficie d'une situation géographique des plus heureuses. De plus, grâce au jeu des courants de marée dans la baie de la Seine, le port a le privilège, au moment de la pleine mer, de garder le même niveau pendant trois heures. Mais on peut dire qu'à peu près partout les progrès de l'architecture navale ont devancé ceux qui ont été réalisés dans l'aménagement des ports. A l'étranger, pourtant, et notamment à Anvers, Hambourg, Liverpool, des travaux d'approfondissement très coûteux ont été entrepris et permettent actuellement de recevoir, à peu près à toute heure, les plus grands navires.

L'insuffisance du port du Havre a été reconnue dès les dernières années de l'Empire; mais, depuis cette époque jusqu'en 1895, il n'y fut remédié que d'une façon très incomplète, surtout en ce qui concerne les profondeurs. Par suite des lenteurs administratives, il fallut attendre dix-neuf ans avant de commencer l'exécution du projet actuel (1896), qui doit être terminée en 1909, après avoir reçu en cours d'importantes modifications. Le projet consiste en une nouvelle entrée et un nouvel avant-port, conquis sur la mer, auquel on est en train de donner une profondeur de 6 mètres au-dessous du zéro, profondeur qui sera, plus tard, portée à 9 mètres. Cette entrée communique par une nouvelle passe de 3.500 mètres de longueur et de 350 mètres de largeur, creusée à la même profondeur, avec les grands fonds (12 à 16 m. d'eau au minimum) de la rade de la Carosse. Au sud de cet avant-port, on a construit un quai de marée ou d'escale de 500 mètres de longueur et de 70 mètres de largeur, destiné à l'accostage des grands paquebots. Enfin, pour faciliter la pénétration des plus grands navires dans les bassins, on a établi une grande écluse à sas de 241 mètres de longueur et de 30 mètres de largeur, qui pourra permettre l'accès dans les bassins intérieurs pendant dix heures environ par jour. Il a été reconnu, au cours des travaux, qu'étant donnée la bonne qualité du sol, les dragages pourraient être poussés, au pied du quai d'escale et des musoirs d'entrée, sans danger pour la solidité de ces ouvrages, jusqu'à la cote — 11, et peut-être plus bas. Ces travaux auront coûté 43 millions de francs, dont 28 pour le compte de la Chambre de Commerce et 15 à la charge de l'Etat.

Toutes ces transformations ne concernent que l'entrée, l'avant-port et la grande navigation d'escale; mais les aménagements intérieurs sont insuffisants, si l'on veut que le Havre conserve les bénéfices de la navigation transatlantique avec New-York. Le Havre possède neuf bassins à flot, mais il n'y en a que deux, en réalité, qui puissent recevoir les navires de fort tonnage. Le manque de quais a causé, d'autre part, de très graves préjudices. On a dû refuser des places à quai à de nouvelles lignes régulières qui ont été obligées d'aller ailleurs, et celles qui possèdent des emplacements sont très gênées pour augmenter leur trafic.

De nouvelles améliorations s'imposent donc à bref délai, d'autant plus que le Havre est le second port français et que l'heure est venue de ne plus disperser nos crédits, mais de les concentrer en vue d'obtenir un outillage qui soit capable de rivaliser avec ceux de nos concurrents étrangers. Le Havre est le principal port d'importation pour le café, le coton, les cuirs, l'indigo, le cacao, les bois de teinture, le caoutchouc, etc. La valeur totale des marchandises étrangères qui y sont entrées, en 1906, est de 1.290,3 millions (1.420,8 à Marseille, 750,8 à Dunkerque); celle des exportations a atteint 1.183 millions (Marseille, 1.247,6; Bordeaux, 403; Dunkerque, 176,1). Les droits de douane perçus ont atteint 79.129.505 francs, en 1906, contre 55.203.253 francs, à Marseille.

Ces chiffres justifient le projet de création d'un nouveau port, en aval, sur l'estuaire : les bassins à construire seront conquis sur la mer, au lieu d'être creusés dans l'intérieur des terres; leur disposition pourra permettre dans l'avenir le développement du port le long de l'estuaire, en fournissant les étendues de quais nécessaires; enfin, ces ouvrages ne seront point fermés par des portes, mais soumis au jeu des marées et en communication constante avec le port extérieur. La construction d'un bassin de radoub de 300 mètres de longueur et 35 mètres de largeur viendrait compléter ces améliorations, absolument indispensables si nous voulons faire reprendre à notre commerce maritime le rang qu'il n'aurait jamais dû perdre.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] Louis Brindeau : Le port du Havre, son état actuel. Le nouveau projet. Le Havre, 1907, brochure in-4 illustrée. — Georges Blondel : Le Havre. Les Ports et leur fonction économique. *Société scientifique de Bruxelles*. Louvain, 1908.

Digitized by Google

LA MATHÉMATIQUE
DANS SES RAPPORTS AVEC LA PHYSIQUE[1]

J'entendais un jour soutenir à un éminent mécanicien que les mathématiciens ne sont pas à leur place dans les sections scientifiques des Sociétés savantes. Il estimait qu'ils devaient trouver asile dans quelque section de Philosophie ou de Logique d'une Académie des Sciences morales et politiques. Mon savant ami, en émettant cette boutade, ne pensait évidemment qu'à certains travaux de Philosophie mathématique, assez en honneur aujourd'hui, qu'il jugeait sans bienveillance et regardait comme des débauches de logique des mathématiciens. La réponse était facile, et les raisons sont évidentes, pour lesquelles, dans les Universités et les Académies, les mathématiciens font partie des mêmes groupements que les savants adonnés à l'étude de la Nature : le contact a, en effet, toujours été intime entre la Mathématique et la Physique. Ce sujet a été bien des fois traité. Il n'est peut-être pas sans intérêt de le reprendre, en jetant un coup d'œil sur le passé et cherchant à en tirer quelque enseignement pour l'avenir; c'est ce que je me propose de faire dans ce discours.

I

Il n'est pas douteux que les Mathématiques eurent primitivement un caractère expérimental. La Géométrie fut d'abord une branche de la Physique, et des propositions assez cachées, comme la propriété de l'hypoténuse d'un triangle rectangle, furent découvertes par l'expérience; à ces époques reculées, la Science apparaît avec un caractère surtout utilitaire. On fait généralement honneur aux Grecs d'avoir créé la Science rationnelle et désintéressée; mais, au moins chez les premiers penseurs de la Grèce, la Mathématique reste intimement mêlée aux doctrines philosophiques et aux rêveries cosmogoniques. La devise des Pythagoriciens était que « les choses sont nombres », et les propriétés des nombres se trouvaient à la base de leurs explications sur l'Univers; leur Géométrie avait parfois un caractère mystique et magique, comme en témoigne, par exemple, le fameux pentagone étoilé, qui servait de signe de reconnaissance aux adeptes de l'École et était considéré comme un symbole de la santé. Si nous arrivons maintenant à la Géométrie classique, représentée par les livres d'Euclide et de ses successeurs, nous entrons dans le domaine de la pure logique, où la déduction travaille sur les concepts lentement élaborés dans les âges antérieurs. Il faut cependant compléter cette vue. La Géométrie fut quelque chose de plus pour les Grecs : ils y voyaient le type idéal de la Science, où tout est d'une intelligibilité parfaite. On a noté, d'ailleurs, que cette Science idéale de la Géométrie grecque, étudiant des objets rationnellement construits, ne perd pas contact avec l'intuition spatiale d'où elle tire toutes ses conceptions, et c'est là un point capital. L'instrument mathématique pourra alors être utilisé pour une connaissance de l'Univers, le réel étant en quelque sorte le monde sensible vu à travers les concepts de l'Arithmétique et de la Géométrie, et, quoique dans un domaine encore très restreint, nous comprenons pourquoi les sciences de la Nature prennent de bonne heure une forme mathématique. Les travaux géométriques et mécaniques d'Archimède en donnent un admirable exemple, et la recherche qu'il fit de l'aire d'un segment de parabole en s'appuyant sur le théorème des moments symbolise bien la connexion étroite entre ce que nous appellerions aujourd'hui les Mathématiques pures et les Mathématiques appliquées. Dans les derniers siècles de l'Hellénisme, alors que languissent les spéculations géométriques de l'époque antérieure, la Trigonométrie et la Géométrie sphérique se développent, sous l'influence des besoins de l'Astronomie, entre les mains d'Hipparque et, plus tard, de Ptolémée. Ainsi, à son déclin, la Science grecque nous offre un exemple, qui s'est présenté dans d'autres temps, de recherches mathématiques paraissant épuisées et se renouvelant sous l'influence de problèmes fournis par l'observation des phénomènes physiques.

Il n'est pas dans mon sujet de suivre à travers le Moyen-Age et la Renaissance les transformations de l'Algèbre géométrique des Anciens, qui se sépare peu à peu de la Géométrie. L'Algèbre proprement dite arrive ainsi à l'autonomie, avec son symbolisme et ses notations de plus en plus perfectionnées, constituant une langue d'une admirable clarté qui, suivant le mot de Fourier, n'a pas de signe pour exprimer les notions confuses, et

[1] Conférence faite au IVe Congrès International des mathématiciens, Rome, 10 avril 1908.

Digitized by Google

procure à la pensée une véritable économie. Les bonnes notations, tout le monde en convient, sont souvent indispensables pour arriver à la solution des problèmes posés. On peut aller plus loin, et dire qu'elles conduisent parfois à poser de nouveaux problèmes, l'esprit étant soutenu et porté en avant par les symboles qu'il a créés; la théorie des équations algébriques en offrirait plus d'un exemple. Il y a même un danger dans cette facilité de créations symboliques : c'est au temps qu'il appartient d'en montrer l'utilité et la fécondité. A cet égard, notre langue algébrique usuelle a fait ses preuves, en rendant possible les progrès ultérieurs des Sciences mathématiques, et, dans certaines parties de la Physique mathématique, des symbolismes plus récents rendent d'incontestables services.

Au XVIIe siècle, le développement de la Cinématique et de la Dynamique naissante fut la cause des plus grands progrès de l'Analyse. C'est de là que date l'Analyse moderne ; elle est vraiment sortie de la Mécanique. L'origine de la notion de dérivée est sûrement dans le sentiment confus que nous avons de la mobilité des choses et de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle s'accomplissent les phénomènes ; les mots de *fluentes* et de *fluxions* marquent bien cette origine. Peu d'intégrations eurent plus de conséquences que celle de Galilée, remontant de la loi des vitesses à celle des espaces dans le problème de la chute des corps, et il est impossible de séparer dans Huygens et Newton le mécanicien et le physicien du mathématicien ; tels les grands artistes de la Renaissance que nous trouvons à la fois peintres, architectes et sculpteurs.

Ce fut une époque décisive dans l'histoire de la Science mathématique que le moment où, allant bien au delà de ce qu'avaient rêvé les Pythagoriciens, on se rendit compte avec quelque précision que l'étude des phénomènes naturels était susceptible de prendre une forme mathématique, et cela surtout quand le développement de la Mécanique conduisit à postuler que les changements infiniment petits, de quelque nature qu'ils soient, survenant dans un système, dépendent uniquement de l'état actuel de celui-ci. On fut ainsi amené à penser que la forme à laquelle on se trouverait ramené serait donnée par des équations différentielles, et nous vivons encore aujourd'hui sur ce principe qui, depuis le commencement du XVIIIe siècle, a orienté le développement de l'Analyse. Il serait injuste d'oublier que les problèmes posés par la Géométrie ont eu quelque part aussi dans cette orientation; mais, pour garder un point de vue plus uniforme, et si je ne craignais d'être accusé de paradoxe, je pourrais alléguer, comme je le disais plus haut, que la Géométrie fait partie de la Physique.

II

L'histoire des Mathématiques, en ses points les plus essentiels, se confond au XVIIIe siècle avec celle de la Mécanique, et de savantes recherches sur la théorie des fonctions ont montré récemment que des problèmes fondamentaux dans cette théorie se sont présentés de bonne heure. Ainsi Clairaut, dans sa théorie de la figure de la Terre, considère pour la première fois des intégrales curvilignes et donne la condition pour qu'elles ne dépendent pas du chemin suivi entre deux limites déterminées. Pareillement, les deux équations fondamentales de la théorie des fonctions d'une variable complexe apparaissent tout d'abord dans un Mémoire sur la résistance des fluides sous la plume de d'Alembert, qui voit le rôle joué dans leur étude par le symbole $\sqrt{-1}$, déjà introduit par Leibnitz et Jean Bernoulli; un peu plus tard, d'Alembert écrivait pour la première fois l'équation $\Delta \varphi = 0$. On sait qu'une analyse présentant avec les recherches précédentes une grande analogie lui donnait aussi l'intégration de l'équation des cordes vibrantes. On retrouve encore les fonctions d'une variable complexe dans un Mémoire plus récent d'Euler sur le mouvement des fluides et dans les travaux de Lagrange sur les cartes géographiques. Ainsi une des théories de l'Analyse moderne qui a eu le plus d'éclat au XIXe siècle a trouvé son origine dans des problèmes de Mécanique et de Physique.

L'étude de l'attraction n'a pas eu moins d'importance pour le développement de l'Analyse. On aurait pu souhaiter, pour la simplicité des calculs laborieux de la Mécanique céleste, une autre loi que celle du carré de la distance; mais, si la Nature nous devait une compensation, il faut avouer qu'elle nous l'a largement donnée, en permettant de créer la théorie du potentiel newtonien, aucune autre loi d'attraction n'étant susceptible de poser à ce point de vue tant de problèmes féconds et d'un intérêt général. Dans cet ordre d'idées, l'équation à laquelle satisfait le potentiel en dehors des masses attirantes est à signaler tout particulièrement; se rencontrant aussi en Hydrodynamique et dans la théorie de la chaleur, elle a conduit à différents types de problèmes aux limites qui, étendus à des équations plus générales, sont encore aujourd'hui l'objet des préoccupations des analystes. Lagrange déplorait qu'il n'y eût qu'un système du monde à découvrir. Nous serions presque tentés de croire, à notre tour, qu'on ne retrouvera plus une mine aussi féconde que cet ensemble de théories physiques liées à la considération du potentiel newtonien, si nous ne savions que, dans les sciences de la Nature, nos représentations et nos concepts

Digitized by Google

évoluent avec les progrès de l'observation et de l'expérience, ce qui fait que des regrets comme celui de Lagrange ne sont pas justifiés. Il y aura toujours quelques coins du système du monde à explorer, et sans doute, nous l'espérons du moins en tant que mathématiciens, quelques problèmes d'Analyse à nous poser à leur sujet.

La théorie analytique de la chaleur, dans l'immortel ouvrage de Fourier, a ouvert aussi la voie à bien des problèmes, et nous y trouvons des méthodes d'intégration au moyen de solutions simples inspirées par les questions physiques elles-mêmes. Quelquefois, en effet, celles-ci ne donnent pas seulement le matériel analytique, sur lequel travaillera le mathématicien, mais elles lui fournissent des indications sur la marche à suivre dans la solution. Ainsi, dans les théories moléculaires, les équations aux dérivées partielles se présentent comme des transformées limites, mais plus maniables, d'équations aux différences finies ou d'équations différentielles ordinaires; or, il peut arriver précisément que, pour deviner la forme des solutions, il soit utile de revenir à ces dernières équations. C'est ce qui arrive à Fourier, quand il étudie la communication de la chaleur entre des masses disjointes, et en fait l'application au cas où le nombre des masses est infini. On a eu recours, souvent, à des considérations de ce genre pour établir des théorèmes d'existence, en passant ensuite à la limite, et l'on pourrait indiquer des travaux tout récents sur les équations fonctionnelles, qui utilisent au fond la même idée, dont la mise en œuvre peut présenter, d'ailleurs, de grandes difficultés. Ce sont là des cas où la Physique rend à l'Analyse un double service, lui proposant des problèmes et lui suggérant des vues pour leurs solutions.

On a souvent cité la belle page du discours préliminaire de Fourier, où il développe cette pensée que l'étude approfondie de la Nature est la source la plus féconde des découvertes mathématiques; mais il faut reconnaître qu'il y parle plus en physicien qu'en géomètre, quand il insiste sur la nécessité d'aller jusqu'aux dernières applications numériques, condition nécessaire, dit-il, de toute recherche, et sans laquelle on n'arrive qu'à des transformations inutiles. Fourier réduit trop ici le rôle de l'Analyse mathématique, et, si la Physique a été l'origine première de grandes théories analytiques, le mathématicien rend au physicien d'autres services que de lui donner des possibilités de prévisions numériques. Nous avons tous rencontré des savants adonnés aux sciences expérimentales, pour qui c'est là la seule utilité des Mathématiques. C'est méconnaître l'admirable puissance de transformation du raisonnement et du calcul mathématiques. Peut-on, par exemple, ne pas être saisi d'admiration quand on lit le célèbre Mémoire de Green, resté longtemps inaperçu, sur l'application de l'Analyse aux théories de l'Électricité et du Magnétisme, et dont Gauss, Chasles et Thomson devaient, dix ans plus tard, retrouver les résultats. Le calcul devançait ici l'expérimentation, en découvrant des théorèmes fondamentaux sur l'induction électrostatique auxquels des expériences mémorables devaient ultérieurement conduire Faraday.

En entrant un peu plus dans le détail de la théorie des équations aux dérivées partielles, nous trouvons d'autres exemples qui caractérisent bien les services que les Mathématiques peuvent rendre à la Physique.

Ainsi une vue très nette des différentes espèces d'ondes, au point de vue de la propagation, est résultée de la considération des différents types d'équations. Dans les équations du type de la théorie de la chaleur, l'étude des intégrales montre que toute variation se fait sentir instantanément à toute distance, mais très peu à très grande distance, et l'on ne peut parler alors de vitesse de propagation; en un point, la température passe par un maximum pour décroître ensuite, et le temps au bout duquel ce maximum est atteint est proportionnel au carré de la distance. Lord Kelvin a appliqué l'équation de Fourier à la propagation des courants électriques dans les câbles, en négligeant l'effet de la self-induction; il a ainsi montré que les signaux atteindraient, pour chaque perturbation, leurs maxima dans un temps proportionnel au carré de la distance, et ce résultat de la théorie a joué un rôle essentiel dans l'établissement de la télégraphie transatlantique.

Les choses se passent autrement dans le cas des équations du type de la propagation du son, qui est aussi celui de la propagation de la lumière et des ondes électriques. L'effet, ici, n'est pas immédiatement senti; il dure pendant un certain temps, et disparaît ensuite, tout au moins dans les milieux à une et trois dimensions. Les deux types précédents se trouvent en quelque sorte condensés dans l'équation relative à la propagation du son dans un liquide visqueux, des ondes électriques dans un diélectrique légèrement conducteur ou dans une ligne télégraphique pour laquelle la self-induction n'est pas négligeable. Il y a, dans ce cas, encore propagation par ondes avec une vitesse déterminée, mais cette onde s'étale en arrière et laisse une trace qui demeure indéfiniment; elle peut, dans les communications télégraphiques, être une source de confusion dans les signaux, et l'on s'est ainsi rendu compte des résultats contradictoires obtenus par Fizeau dans la recherche de la vitesse de l'électricité.

Digitized by Google

Ces questions de propagation d'ondes, si intéressantes pour la Physique, n'ont peut-être pas un moindre intérêt psychologique. C'est grâce à l'absence des résistances passives que peut, en général, se conserver au loin, pour la vue et pour l'ouïe, la netteté des sensations; ce qui fait, comme on l'a dit, de ces deux sens les sens intellectuels par excellence. A cet égard, le sens de la vue est inférieur à celui de l'ouïe, en raison de la dispersion de la lumière, dispersion que ne présentent pas les sons modérés. Il faut, d'ailleurs, y ajouter le rôle considérable joué en Acoustique par les harmoniques, rôle bien moindre en Optique, où l'œil ne perçoit pas une octave; et ceci ne nous éloigne pas des Mathématiques, s'il est vrai, comme le prétendent quelques physiologistes, que l'organe de Corti dans le labyrinthe de l'oreille doive être regardé comme l'organe du sens arithmétique et nous fournisse notre concept du nombre.

Il faut avouer, cependant, que les Mathématiques ont leurs ennemis, et les services considérables rendus par l'Analyse à la Physique sont quelquefois niés. On objecte que beaucoup de résultats analytiques ne font que traduire de simples intuitions, et peuvent s'exprimer sous forme d'analogies physiques sans qu'il soit nécessaire de recourir aux symboles mathématiques et aux équations différentielles; on cite alors l'exemple de l'illustre Faraday. On peut répondre d'abord que l'on fait du Calcul intégral de bien des manières, et l'on en fait en comptant des lignes de forces. Il n'est toutefois pas possible d'aller bien loin dans cette voie sans le secours de la langue analytique, qui apporte sa précision à des notions menaçant de rester vagues et peu aptes à fournir des résultats quantitatifs ; Faraday, s'il eût été géomètre, eût pu devancer Maxwell dans la recherche des lois de la propagation des ondes électriques. L'exemple antérieur de Fresnel est du même ordre; il eut l'intuition géniale des vibrations transversales de l'éther, mais pouvait-on se faire une idée vraiment précise de la distinction générale entre les vibrations transversales et les vibrations longitudinales avant d'avoir écrit les équations aux dérivées partielles du mouvement d'un milieu élastique? j'en doute, pour ma part. Je ne veux pas dire qu'on ne puisse adresser certaines critiques à notre vision mathématique de la Nature, mais elles sont d'un autre ordre; j'aurai l'occasion d'en dire un mot tout à l'heure.

III

Nous venons de montrer, par des exemples particuliers, les relations réciproques de la Mathématique et de la Physique. D'une manière générale, dans le développement des diverses parties de la Mécanique et de la Physique, nous voyons à une période d'induction succéder une période déductive, où l'on s'efforce de donner aux principes une forme définitive. Le développement mathématique et formel joue alors un rôle très important, et le langage analytique est indispensable à la plus grande extension des principes. Le symbolisme soutient et porte l'esprit en avant, et les généralisations se font avec le moindre effort. Par le simple jeu de ses symboles, l'Analyse peut suggérer des généralisations dépassant de beaucoup le cadre primitif, ne fût-ce quelquefois que par des raisons de symétrie. N'en a-t-il pas été ainsi avec le principe des déplacements virtuels, dont l'idée première vint des mécanismes les plus simples? la forme analytique qui le traduisait, et où apparaissaient des sommes de produits de deux facteurs, suggéra des extensions qui conduisirent de la Mécanique rationnelle à la Mécanique chimique à travers la Physique tout entière. Un autre exemple est encore fourni par les équations de Lagrange; ici des transformations de calcul ont donné le type des équations différentielles auxquelles on a proposé de ramener la notion d'explication mécanique. L'art du mathématicien a créé un moule témoignant de l'importance de la forme d'une relation analytique; il va de soi qu'il appartient à l'expérience de vérifier ensuite si l'instrument forgé est assez souple pour se prêter à des concordances expérimentales.

De tels exemples montrent assez ce que signifie une phrase, qu'on entend quelquefois répéter, à savoir qu'il n'y a dans une formule que ce qu'on y a mis; elle est vide de sens ou n'est qu'un pur truisme. Des notions, identiques au fond, peuvent avoir des formes très différentes, et il arrive que la forme soit essentielle; telle aussi l'énergie peut être constante en quantité, mais variable en qualité. Aux cas cités plus haut, on pourrait ajouter la Mécanique céleste, où il n'y a rien de plus que la formule de la gravitation universelle et quelques constantes fournies par l'observation, mais où d'innombrables transformations de calcul nous font passer de ce point de départ à l'explication de presque toutes les particularités des mouvements des astres.

Nous citerons encore un cas de la puissance suggestive des transformations analytiques en rappelant l'ordre d'idées se rattachant au principe de la moindre action. De très bonne heure, on eut l'intuition vague d'une certaine économie dans les phénomènes naturels; un des premiers exemples en fut fourni par le principe de Fermat, relatif à l'économie du temps dans la transmission de la lumière, et l'on arriva à reconnaître que les équa-

Digitized by Google

tions de la Mécanique classique correspondent à un problème de minimum. Les extensions se présentèrent alors d'elles-mêmes, conséquences nécessaires des transformations analytiques de la méthode des variations, qui donnent même d'utiles indications sur les conditions aux limites. Nous retrouvons toujours le même mécanisme : au sentiment vague, le symbolisme mathématique donne une forme précise qui suggère des généralisations.

On sait l'importance qu'a aujourd'hui dans l'évolution de la Mécanique le principe de la moindre action. Ce vieux principe, d'allure théologique, semble être notre dernier retranchement dans la crise, exagérée peut-être, que traverse actuellement la Mécanique, et, dans cet ordre de questions, on a repris récemment, en lui donnant une grande extension, une idée émise jadis par Laplace d'une Mécanique du point rapportée à une action fonction quelconque de la vitesse, ce qui conduit à une masse variable avec cette dernière.

IV

Mais revenons maintenant un peu en arrière. Le XVIIe et le XVIIIe siècles virent presque toujours les Mathématiques et leurs applications à la Physique cultivées par les mêmes savants. Il devait arriver un moment où des spécialisations s'établiraient; c'est une loi générale, qui régit malheureusement tous les ordres de recherches, et à laquelle échappent seuls quelques rares esprits assez puissants pour ne pas avoir à sacrifier l'étendue à la profondeur. On avait pu espérer un moment, après les merveilleux triomphes du Calcul infinitésimal, que les géomètres possédant un outil assez puissant pourraient, comme on l'a dit, tourner exclusivement leurs méditations vers l'étude des lois naturelles. Cet espoir devait être vite déçu; les problèmes posés exigeaient de nouveaux perfectionnements en même temps qu'une étude critique des principes admis qui conduisaient parfois à d'inquiétants paradoxes. Une ère nouvelle commençait pour la Mathématique, rappelant, toutes proportions gardées, les temps où la Géométrie grecque, devenue autonome, s'était séparée des spéculations cosmogoniques et philosophiques auxquelles elle avait été liée à une époque antérieure. Parmi les ouvriers de cette transformation, Gauss et Cauchy ont été en même temps de grands théoriciens de la Physique, mais Abel est un pur géomètre. Le XIXe siècle eut d'illustres mathématiciens dont l'œuvre n'a aucun point de contact avec la Philosophie naturelle. Tels sont des travaux sur l'Algèbre pure et l'Arithmétique supérieure; telles aussi les spéculations sur les principes des Mathématiques.

Il faut toutefois apporter quelque prudence dans de telles affirmations. Des rapports cachés peuvent apparaître tardivement; notre logique édifie des théories sur des concepts qui sont en somme le résultat d'un travail effectué sur nos sensations, et il est impossible de prononcer *a priori* que telle théorie ne pourra être un jour utilisée dans l'étude des sciences de la Nature. Quoi qu'il en soit de certaines questions actuelles qui apparaissent à quelques-uns comme de purs exercices de logique, tout le monde reconnaît que les progrès de la théorie générale des fonctions ont été des plus importants pour la Physique mathématique. Que de paradoxes apparents se sont évanouis quand on a approfondi le degré de généralité des intégrales des équations aux dérivées partielles! Il arrive fréquemment, en Mathématiques, que l'examen de cas trop particuliers empêche d'apercevoir les vraies raisons des choses et, à cet égard, la grande extension donnée de notre temps à l'idée de fonction aura été féconde, même dans des applications où elle paraît au premier abord inutile.

Les fonctions analytiques, qui forment la matière d'un des plus beaux chapitres de l'Analyse moderne, semblent tout d'abord présenter peu d'intérêt au point de vue où nous sommes ici placés; elles correspondent à un mode très particulier d'approximations, et d'autres développements, comme les séries trigonométriques, se sont trouvés mieux adaptés aux questions de Physique et de Mécanique, qui leur ont, d'ailleurs, donné naissance. Des études plus approfondies ont montré, cependant, que l'importance des fonctions analytiques est très grande en Physique mathématique. Il a été établi, pour un grand nombre d'équations aux dérivées partielles, que toutes les intégrales sont analytiques dans certaines régions de l'espace. Il semble que, avec de telles équations, les phénomènes correspondants sont soumis à un moindre degré d'arbitraire, idée nécessairement vague, mais qui se traduit par le fait précis que les conditions aux limites à imposer à une solution sont autres que pour une équation n'ayant pas toutes ses intégrales analytiques. Il suffit de comparer l'équation des cordes vibrantes et l'équation, si voisine, de l'équilibre calorifique d'une plaque.

Dans le même ordre d'idées, les difficultés dans la démonstration de l'unité d'une solution peuvent être différentes, suivant qu'il s'agit d'équations dont toutes les intégrales sont ou non analytiques. Même en se bornant au cas général, où les données du problème ne correspondent pas à des caractéristiques, il peut y avoir des contacts d'ordre infini entre des intégrales non analytiques, circonstance qui ne se rencontre pas avec des solutions analytiques; un exemple intéressant en est fourni par le célèbre théorème de Lagrange sur les

Digitized by Google

potentiels de vitesse en Hydrodynamique, qui ne subsiste pas pour les fluides visqueux, quoique, à un moment donné, les rotations et leurs dérivées de tout ordre par rapport au temps puissent être nulles. Il y a là un ordre de questions qui ne sont résolues que dans des cas particuliers, surtout quand il s'agit d'équations non linéaires.

La question du domaine d'existence et du prolongement des intégrales a, pour la Physique mathématique, non moins d'intérêt que pour l'Analyse. Aucun problème nouveau ne se pose si toutes les intégrales sont analytiques; il en est tout autrement dans le cas contraire. Le prolongement réside alors dans le fait qu'il y a des contacts jusqu'à un certain ordre; ces notions ont donné les résultats les plus importants dans la mécanique des fluides.

Des points de vue nouveaux sont venus resserrer encore les liens entre la théorie des fonctions de variables complexes et des questions de Physique mathématique. Dans plusieurs de celles-ci s'introduit un paramètre, et il a été très utile de regarder la solution, répondant à certaines conditions, comme fonction de ce paramètre. Or, dans de nombreux cas, la solution ainsi envisagée est une fonction analytique uniforme de ce paramètre. Ainsi, pour la vibration des membranes, les harmoniques successifs correspondent aux pôles d'une fonction méromorphe dans tout le plan. On a montré aussi que, dans la théorie de l'élasticité, les déplacements ou les efforts à la surface étant donnés, les solutions se présentent sous la forme de fonctions uniformes du paramètre d'élasticité, fonctions ayant, outre des pôles, un point singulier essentiel à distance finie. Ces résultats, qui sont d'hier, ont montré la véritable origine des difficultés qui avaient longtemps arrêté les efforts des analystes.

Il arrive aussi que la solution dépende d'un ou plusieurs paramètres géométriques entrant dans la définition de la frontière; certaines valeurs particulières de ces paramètres correspondent à des cas spécialement intéressants, comme cela a lieu pour les corps ayant une dimension évanouissante. Ailleurs, les singularités seront partout denses sur une ligne, et les dénominations mêmes de la Physique s'introduisent dans des mémoires d'Analyse, où l'on peut lire que les singularités forment un spectre continu. Quand on entend parler aujourd'hui de spectres de lignes et de spectres de bandes, il ne faut pas croire qu'il s'agisse nécessairement de Physique. Il peut aussi bien être question d'Analyse pure, à moins qu'il ne s'agisse à la fois de l'une et de l'autre, comme il arrive dans les efforts tentés pour expliquer la condensation des raies des spectres par les propriétés de certaines équations fonctionnelles.

Dans tous les exemples auxquels je viens de faire allusion, les équations différentielles ou les équations fonctionnelles étaient linéaires; dans quelques cas intéressants se sont rencontrées des équations non linéaires, mais il est alors bien difficile de chercher à caractériser les solutions comme fonctions d'un paramètre figurant dans l'équation, ces fonctions pouvant être multiformes et leurs singularités dépendant des conditions initiales. Il y a là un important et difficile sujet de recherches.

Les questions de connexion jouent un rôle important dans l'Analyse moderne. Sans remonter jusqu'à Alexandre le Grand, qui usa d'un moyen un peu brutal pour tracer des coupures, elles se sont présentées d'abord à propos de l'étude géométrique des nœuds et de l'action des courants sur les courants ou les pôles magnétiques; c'est là aussi qu'apparaissait pour la première fois la notion de périodicité des intégrales. En même temps, la théorie de l'Électricité et du Magnétisme introduisait les potentiels non uniformes; peu après, l'étude des fonctions algébriques et des surfaces de Riemann prenait son brillant essor, les deux domaines ayant entre eux les liens les plus étroits au point que de nombreuses questions relatives aux intégrales abéliennes peuvent être transposées dans le langage de l'Électricité.

L'équation de Laplace n'est pas la seule équation différentielle dont les solutions ont été étudiées sur une surface de Riemann ou dans des espaces multiplement connexes. Une étude analogue peut être faite pour l'équation de l'équilibre calorique avec rayonnement, et les solutions non uniformes de l'équation des membranes se sont présentées à propos des perturbations produites par un écran sur les ondes optiques ou électro-magnétiques, c'est-à-dire dans les phénomènes de diffraction. Je me reprocherais de ne pas rappeler ici que l'étude des équations de l'élasticité a été renouvelée dans ces derniers temps par la considération de l'équilibre des corps multiplement connexes, les déplacements étant alors des fonctions non uniformes, tandis que les éléments caractérisques de la déformation restent uniformes. On peut dire que les solutions polydromes des équations de la Physique mathématique nous réservent encore bien des surprises et seront une mine féconde de découvertes.

Il est encore une catégorie de problèmes d'Analyse peu étudiés jusqu'ici, mais auxquels doivent conduire plusieurs questions de Physique mathématique : je veux parler de la recherche de fonctions satisfaisant dans deux régions de l'espace à deux équations de types différents, et devant se raccorder, ainsi que certaines de leurs dérivées, le long de la surface séparant ces régions; c'est ce qui arrive, par exemple, dans l'étude des courants

Digitized by Google

de convection calorifique se produisant entre deux murs.

Il serait fastidieux de prolonger cette énumération, où nous voyons la Physique poser à l'Analyse de nouveaux problèmes. Comment, cependant, ne pas rappeler que c'est à la théorie de l'Électricité que nous devons la considération des fonctions de lignes, qui ont donné naissance à de brillants développements analytiques, et étendent largement la notion même de fonction ?

V

Nous venons de voir, en parcourant l'histoire des rapports entre la Physique et la Mathématique, les services que l'une et l'autre se sont rendus. C'est sous l'influence de l'étude des phénomènes physiques que se sont organisées les principales disciplines des sciences mathématiques ; bien souvent cette étude a, indirectement au moins, posé les problèmes et même donné des indications pour leurs solutions. En retour, sans parler des faits nouveaux que la puissance de transformation de l'Analyse a su mettre en évidence avant l'expérience, et sans insister sur les prévisions numériques auxquelles elle est apte, rappelons seulement que la netteté de son langage a donné une forme précise et maniable à des notions condamnées autrement à rester vagues, et aussi quelle force de généralisation possèdent ses symboles. Quoique nous n'ayons plus la foi ardente de Fourier et de l'admirable École des physiciens géomètres de la première moitié du siècle dernier, l'Analyse mathématique reste toujours un instrument indispensable à la Physique et quelquefois un guide précieux.

En parlant des connexions entre la Mathématique et la Physique, nous n'avons fait que constater un fait résultant du développement même de la Science. Si maintenant nous voulons voir les choses de plus haut, il faut nous demander à quoi tient cette alliance qui nous paraît nécessaire ; nous devons chercher aussi si elle n'a pas des points faibles et si elle n'est pas susceptible de prendre d'autres formes.

La science physique se présente à nous comme une vue du monde extérieur à travers des concepts tirés par abstraction de l'expérience. Un système de concepts, associés à des faits particuliers et à certaines hypothèses, est susceptible d'être transformé par des déductions convenables. Si ces concepts sont d'ordre mathémathique, nous avons une vision mathématique du monde extérieur, sur laquelle peut opérer notre logique. Comme l'a dit Helmholtz, nous exerçons, par la forme logique de la loi, notre domination spirituelle sur la Nature, qui nous était d'abord étrangère. Mais tout cela ne va pas sans sacrifices et sans dangers. Le réel, qu'envisage le physicien mathématicien, est bien pâle à côté de celui que saisit l'intuition vulgaire. Pour pouvoir faire œuvre scientifique avec cette réalité confuse, on a dû la simplifier, et il a fallu enfermer dans des cadres plus rigides les contours flottants des choses. C'est seulement alors que nous pouvons raisonner sur cette Nature réduite. S'il y a là une force, il y a aussi une cause de dangers. Ceux-ci sont toutefois atténués par l'arbitraire que présentent, dans une certaine mesure, la formation de nos concepts et le choix des hypothèses intervenant dans nos théories. Nous touchons ici à un point qui intéresse extrêmement les mathématiciens, car il s'agit des matériaux mêmes sur lesquels nous avons à travailler.

En adoptant, avec la notion du point matériel, les idées qui sont à la base de la Mécanique classique, nous serions conduits tout d'abord à regarder un phénomène comme correspondant à un nombre immense d'équations différentielles, où les accélérations de tous les points sont des fonctions de l'ensemble de leurs coordonnées. Mais une telle représentation n'est féconde que dans des cas très particuliers. On est obligé, dans chaque ordre de questions, de mettre en évidence certaines propriétés moyennes d'un groupe de points, température, pression, etc., qu'on regarde comme fonctions des coordonnées d'un point général et du temps. Admettant que chaque point est surtout influencé par les points voisins, on forme alors des équations aux dérivées partielles, où, conformément à l'hypothèse fondamentale de la Mécanique classique, certaines dérivées partielles par rapport au temps s'expriment à l'aide de ces fonctions et de leurs dérivées par rapport aux coordonnées.

C'est là le moule habituel des équations de la Physique ordinaire, élargi parfois par l'introduction de termes de même nature relatifs aux résistances passives. Il représente la forme analytique sous laquelle se condense notre vision mathématique des choses. Ces représentations se sont montrées extrêmement fécondes, et de nombreux exemples en ont été rappelés tout le long de cette conférence. Mais bien des hypothèses simplificatrices ont été faites, et il est permis de prévoir que l'on ne pourra pas toujours s'y tenir. Les conséquences en seront très importantes pour nous, et de nouveaux sujets d'étude en résulteront sans doute pour l'analyste.

Il arrivera peut-être un jour où, si j'ose le dire, la dilution de la matière nécessaire à son traitement mathématique, au lieu de se faire dans un ensemble continu, se fera dans quelque autre ensemble partout dense ; mais cette perspective est sans doute assez lointaine, et ne satisferait proba-

Digitized by Google

blement guère le savant mécanicien dont je parlais en commençant. D'autres possibilités sont plus prochaines. Parfois, dans certaines questions, l'influence sur une partie du système des parties éloignées de ce système ne peut être négligée, et le problème, pris dans sa généralité, ne se présente plus en général sous forme d'équations différentielles, mais sous forme d'équations fonctionnelles où entrent d'ailleurs des dérivées des fonctions inconnues, les intégrales qui figurent dans ces équations étant étendues au volume occupé par le système considéré. On sait avec quel succès un type particulier d'équations fonctionnelles a été étudié dans ces derniers temps, et comment un ensemble de questions qui avaient fait l'objet des recherches les plus délicates s'est trouvé ramené à des principes extrêmement simples; mémorable exemple, après tant d'autres, de la facilité que peut apporter à la solution d'un problème particulier un point de vue plus général. Pour certaines conditions aux limites, il y a même grand intérêt à substituer des équations fonctionnelles à des équations différentielles, et l'on remplirait des volumes avec les travaux publiés dans cet ordre d'idées depuis sept ou huit ans.

Une étude systématique d'équations fonctionnelles de plus en plus compliquées devra donc, dans un prochain avenir, solliciter l'effort des chercheurs. Un domaine plus vaste que celui des équations différentielles, et les comprenant comme cas particuliers, s'ouvre devant nous. Nous n'y marcherons pas au hasard, guidés dans le choix des formes à traiter par la Mécanique ou la Physique.

Pour un avenir plus lointain, on peut prévoir des problèmes plus complexes encore. La Mécanique, nous l'avons rappelé, a longtemps postulé plus ou moins explicitement un principe de non-hérédité. Nous nous accommodons encore de ce principe, au moins en première approximation, dans les sciences de la nature inanimée, quoique de nombreux phénomènes indiquent que l'état actuel garde la trace des états passés : tels ces corps, comme le soufre, qui ont une vitesse de transformation d'une forme en une autre différente suivant leur histoire antérieure. Mais l'hérédité joue surtout un rôle capital dans les sciences de la vie, et nous ne savons pas si nous pourrons utiliser jamais l'instrument mathématique pour l'étude du mécanisme intime des phénomènes biologiques, et si nous ne devrons pas toujours nous contenter de moyennes grossières et de courbes de fréquence. Il ne faut pas cependant réduire à l'avance notre conception mathématique du Monde, et nous pouvons rêver d'équations fonctionnelles plus compliquées que les précédentes, parce qu'elles renfermeront, en outre, des intégrales prises entre un temps passé très éloigné et le temps actuel, intégrales qui apporteront la part de l'hérédité. Ces équations fonctionnelles réuniront dans des conditions infiniment complexes les caractères des deux types simples étudiés avec tant de succès dans ces dernières années, pour lesquels les limites des intégrales sont constantes pour l'un et variables pour l'autre.

Ces espérances sont peut-être chimériques. Sur le terrain mouvant de la vie où figurent un nombre énorme de variables, il se peut qu'il soit impossible de former des équations fonctionnelles, relatives à certains états moyens, devant jouer le même rôle que les équations différentielles de la Physique mathématique actuelle. Mais, si le philosophe peut faire des réserves, il n'y a pour le mathématicien aucun danger à s'abandonner à ces vues audacieuses qui le poussent à travailler dans une direction certainement féconde.

Et, encore une fois, le monde extérieur nous aura guidés dans nos recherches analytiques, nous orientant vers les voies utiles à parcourir. Nous avons vu qu'il en a toujours été ainsi, et nous ne craignons pas d'affirmer qu'il en sera de même dans l'avenir. Pour en revenir au commencement de ce discours, notre vraie place est à côté de ceux qui s'occupent des sciences de la Nature. Qu'elle soit justifiée ou non, nous avons la prétention de leur offrir des moules simples sous lesquels ils puissent contempler logiquement le monde extérieur. En échange, ils nous rendent un service d'un haut prix en nous guidant dans l'infinie variété des formes que conçoit notre esprit. Sous ce point de vue, la Mathématique n'est pas la science étrange et mystérieuse que se représentent tant de gens; elle est une pièce essentielle dans l'édification de la Philosophie naturelle.

Émile Picard,
de l'Académie des Sciences,
Professeur à la Sorbonne.

Digitized by Google

LA FORMATION DES GRANDS LACS DES ALPES

I. — Les hypothèses anciennes.

L'explication de la formation des grands lacs de la Suisse a suivi l'évolution de nos connaissances sur la genèse du relief des Alpes[1]. L'action géologique de l'eau courante est connue depuis fort longtemps; mais les premiers géologues ne sont pas allés jusqu'à supposer que les vallées et les lacs pouvaient être dus à l'érosion fluviale. Au XVIIIe siècle, on admettait encore que les vallées et les lacs résultaient de l'action qu'avaient exercée les vagues de la mer au moment de l'émersion des continents. Peu à peu, l'idée que les fleuves peuvent creuser un lit profond s'est précisée, et, en 1795, James Hutton assurait que les lacs étaient l'œuvre de l'eau courante; enfin, Playfair, en Angleterre, et Montlosier, en France, se déclarèrent partisans de cette théorie, à laquelle ils donnèrent des bases solides. Pendant la première moitié du XIXe siècle, on s'attacha beaucoup, dans l'étude des montagnes, aux fractures, aux failles, et naturellement les lacs furent regardés comme d'énormes fentes comblées par les eaux, fentes qui se seraient produites au moment du soulèvement des massifs montagneux. Le rôle que l'on avait attribué à l'eau courante disparut peu à peu, et, en 1865, Desor se refusait à admettre que les grands lacs des Alpes, comme ceux de Constance, de Zurich, des IV-Cantons, puissent résulter d'une érosion fluviale. Alors, on a fait intervenir les influences tectoniques, les mouvements du sol. Studer pensait à un affaissement qui se serait produit suivant l'axe de la vallée; Steudel, qui s'occupait surtout du lac de Constance, cherchait à l'identifier avec un lac de combe, ce qui est inadmissible puisque le lac de Constance s'étend perpendiculairement aux couches de terrain, en dehors même des Alpes. Les affaissements apparurent à cette époque comme les facteurs primordiaux dans la formation du relief, de sorte que, pour A. Favre et L. Rütimeyer (1869), tous les lacs des Alpes qui occupent, aussi bien au nord qu'au sud, la périphérie du système montagneux (lacs de bordure ou *Randseen*) doivent leur origine à un effondrement qui aurait eu son centre à l'emplacement même du lac.

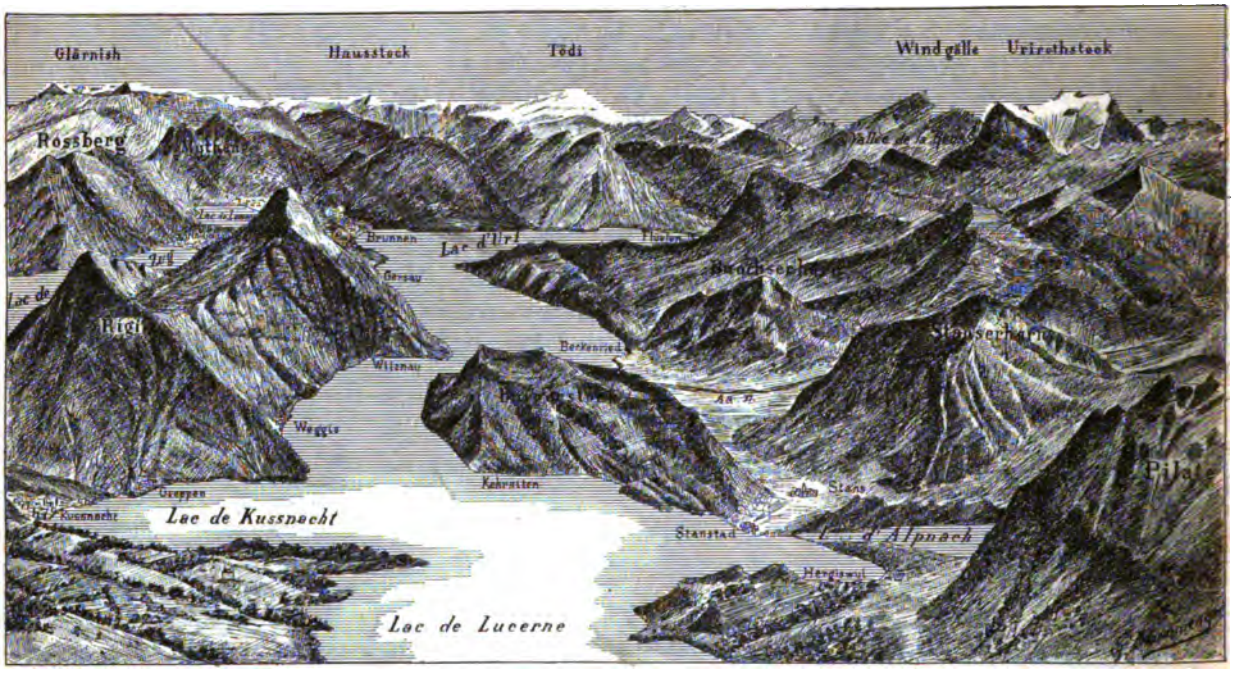


Fig. 1. — *Lac des Quatre-Cantons.*

Cette hypothèse, posée en principe pour tous les lacs alpins, a été reprise en détail par les géologues suisses Forel pour le Léman, Heim et Aeppli (1894)

[1] Voir à ce sujet les articles de MM. J. Révil : La Synthèse géologique du Système alpin. *Revue générale des Sc.* du 30 juillet 1906, et de M. Marcel Bertrand : Formation des chaînes de montagnes. *Ibid.*, 15 janvier 1892.

Digitized by Google

pour le lac de Zurich; enfin M. Schardt a cru pouvoir l'étendre aux lacs du Jura : lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat.

Jusqu'à présent, cette hypothèse a prévalu et les grands lacs des Alpes sont considérés comme ayant une origine tectonique.

II. — Hypothèse de l'affaissement.

Comme le fond d'une vallée d'érosion est nécessairement en pente continue et ne peut présenter de contre-pente, il s'ensuit, dit Heim, que les cuvettes des lacs qui ne sont pas le résultat d'un barrage doivent provenir d'un exhaussement en aval et d'un affaissement en amont. Mais, comme ces lacs forment une ceinture autour des Alpes et qu'on ne peut supposer un soulèvement du sol en aval de chacun d'eux, le plus simple est d'admettre un affaissement des Alpes postérieur à leur plissement et à l'érosion des grandes vallées principales.

Voyons maintenant s'il existe des preuves à l'appui de cette hypothèse :

1° On a fait remarquer que, si les lacs sont bien des vallées affaissées, la profondeur doit aller en augmentant jusqu'au point où s'est faite la brisure du thalweg. La cuvette d'amont se remplissant d'alluvions, le delta a pour effet de déterminer une brusque succession d'une partie horizontale à une partie fortement inclinée; puis, après une partie plus ou moins plane, le fond se relève, et la contre-pente d'aval n'est pas autre chose que la vallée primitive affaissée. Tous ces caractères se retrouvent dans les lacs des Alpes, mais sans impliquer nécessairement des mouvements du sol;

2° MM. Heim et Aeppli avaient donné, en 1894[1], une base sérieuse à l'hypothèse de l'affaissement en étudiant les terrasses du lac de Zurich. M. Aeppli a constaté que les terrasses de ce lac, depuis la ligne Horgen-Stäfa, s'élèvent vers l'aval, décrivent un anticlinal, c'est-à-dire une courbe convexe vers le haut, puis un synclinal ou courbe convexe vers le bas. Ces observations les conduisirent à penser que les mouvements du sol, prouvés par l'inclinaison des terrasses, avaient transformé les vallées en cuvettes lacustres.

Fig. 2. — *Lacs de Thoune et de Brienz.*

III. — Les lacs ne sont pas des vallées affaissées.

On sait que les Alpes constituent une chaîne plissée et que le principal plissement, celui-là même qui fit naître les Pyrénées, date du début de la période tertiaire (Oligocène). Après un nouvel effort, qui a produit la surrection du massif alpin, la chaîne a subi une énorme dénudation qui se chiffre par plusieurs milliers de mètres. C'est de cette époque que datent la mise au jour des roches primitives (granite, gneiss) et le creusement des

[1] A. Heim : Alpine Randseen. *Viertj. d. Z. Nat. Gesell.*, 1894.
Aeppli : *Beitr. z. geolog. Karte d. Schweiz*, 1894.

Digitized by Google

grandes vallées. Or, d'après l'hypothèse précédente, il faudrait admettre que ce n'est qu'après avoir été déchargées de leur couverture sédimentaire que les Alpes se seraient affaissées. Il semble plus probable que cet affaissement a dû se produire tout de suite après le plissement et que, si un mouvement a dû avoir lieu après la dénudation, ce serait un exhaussement.

Les lacs ont une origine plus récente qu'on ne le croit généralement. Dans une étude sur l'hydrographie des Alpes avant la période glaciaire, j'ai recherché les niveaux anciens auxquels les rivières avaient coulé; j'ai reconstitué les profils primitifs de ces rivières et j'ai pu constater qu'*avant l'arrivée des glaces, les grands lacs n'existaient pas*[1]. De plus, l'examen des terrasses anciennes montre que, depuis la période glaciaire, les Alpes n'ont subi ni soulèvement ni affaissement.

Comment donc concilier ces nouveaux résultats avec l'inclinaison des terrasses de Zurich? Il faut d'abord remarquer que ces terrasses ne sont nullement des vestiges d'anciens fonds de vallées et que leur plongement, de même que leur direction, correspond exactement au plongement de la molasse, cette roche qui est si abondante dans le Plateau suisse. On a donc affaire simplement à des terrasses de dénudation, ce qui leur enlève toute valeur au point de vue de l'origine des lacs. Ensuite, si la cuvette lacustre était une vallée affaissée, la profondeur maximum du lac correspondrait à l'anticlinal dessiné par les terrasses, ce qui n'est pas. Enfin, les affluents latéraux raccorderaient leur profil avec celui du cours d'eau principal aujourd'hui submergé; or il n'en est rien : un gradin existe au confluent. En d'autres termes, la vallée lacustre paraît plus creusée que les vallées latérales. Le Giessbach, torrent qui débouche en face de Brienz, est obligé de se précipiter d'une hauteur de 300 mètres en sept chutes distinctes pour rejoindre le lac de Brienz.

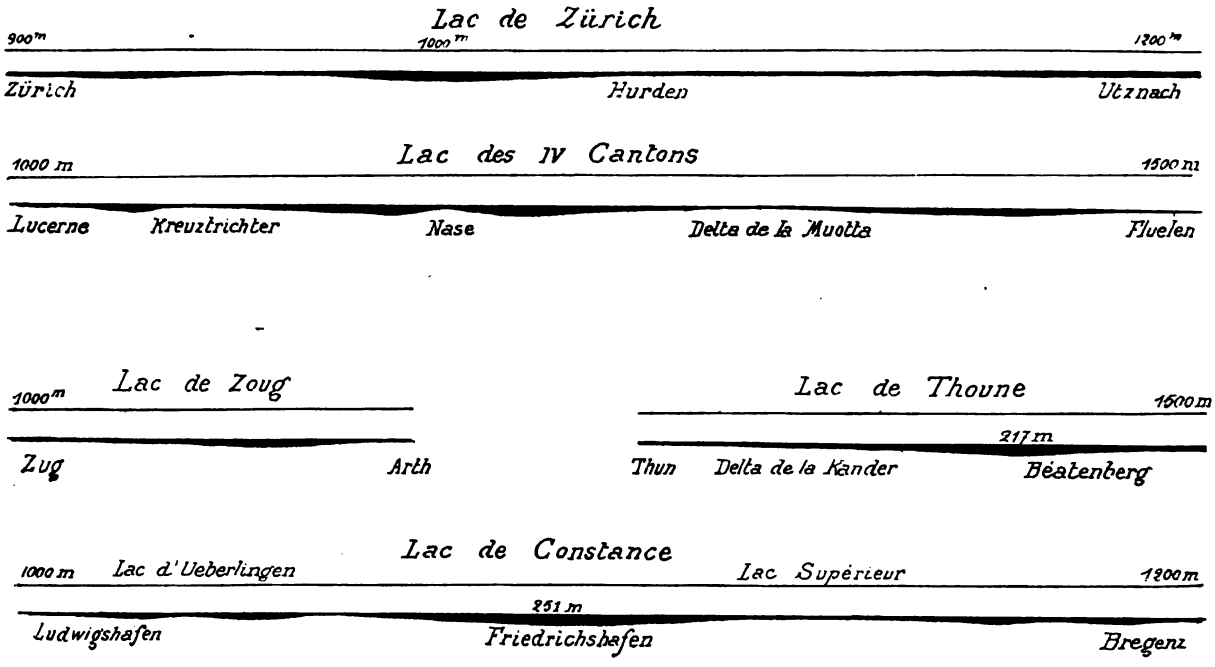


Fig. 3. — *Profils longitudinaux des lacs suisses* (d'après A. Penck), *indiquant le rapport entre les profondeurs et les longueurs* (l'échelle est la même pour la longueur et la profondeur). — Les profils indiquent, en outre, l'épaisseur de glace au moment de la plus grande phase glaciaire.

Les lacs des Alpes ne sont pas des portions de vallées affaissées et noyées. Leur existence est due à un surcreusement survenu depuis l'époque glaciaire.

IV. — Les lacs sont dus au passage des glaciers dans les vallées.

MM. Penck et Brückner ont magistralement décrit[1] les glaciations auxquelles ont été soumises les Alpes à la fin de l'ère tertiaire et au commencement de l'ère quaternaire. Pendant l'époque dite « glaciaire » et à plusieurs reprises, des glaciers considérables ont profité des vallées déjà creusées par

[1] G. Eisenmenger : Etudes sur l'évolution du Rhin et du système hydrographique rhénan. (1 vol. 512 p. in-8° r.) Paris, 1907.

[1] *Die Alpen im Eiszeitalter.* Leipzig, 1901-1905.

Digitized by Google

les torrents pour venir s'étaler sur le Plateau suisse; dans les vallées, l'épaisseur de la glace a été énorme et en moyenne de 800 mètres. Par leur action directe, mais surtout par l'abondance des eaux de fonte auxquelles ils ont donné naissance, ainsi que par l'accumulation des matériaux qu'ils ont abandonnés dans les vallées, les glaciers ont bouleversé le régime hydrographique primitif et transformé les vallées en une série de lacs étagés[1].

Les caractères que nous constatons dans la forme des cuvettes lacustres se retrouvent dans les vallées d'amont aujourd'hui abandonnées par les eaux, c'est-à-dire dans les portions aujourd'hui comblées (vallée du Rhône, de Martigny à Villeneuve, pour le Léman; vallée de l'Aar, de Meiringen à Brienz, pour le lac de Brienz; plaine du Vorarlberg, pour le lac de Constance, etc.). Les lacs ne sont pas une entité: leur histoire est la même que celle de la vallée qu'ils occupent, ou plutôt les lacs ne représentent qu'une phase dans l'histoire de la vallée.

Une raison qui a contribué à écarter l'action glaciaire comme agent de creusement des lacs est la pensée de voir la glace creuser des gouffres aussi profonds. Qu'on n'oublie pas, en effet, que le lac de Constance a 250 mètres de profondeur, que le lac de Brienz en a 260 au point le plus bas et que le lac des IV-Cantons, bien que moins profond que les précédents, laisse encore descendre la sonde à 214 mètres au-dessous de la surface des eaux. Mais si, en même temps que de la profondeur, on tient compte de la longueur du lac, si l'on représente le tout à la même échelle, les lacs n'apparaissent plus que comme une simple couche d'eau (fig. 3). Le tableau ci-dessus donne le rapport entre la profondeur et la longueur de quelques grands lacs; on y a ajouté la valeur de la contre-pente d'aval[1]:

Il faut remarquer que les valeurs du rapport $\frac{P}{L}$ ont été, au début, plus faibles qu'actuellement, puisque la longueur L a beaucoup diminué depuis le départ des glaciers, et, d'autre part, que, si les valeurs de ce rapport ne sont pas devenues très grandes, cela tient à ce que la profondeur P a diminué en raison de l'apport des matériaux torrentiels. L'existence des contre-pentes d'aval n'exclut pas le mouvement des glaciers. Pour qu'un glacier puisse glisser sur son fond, il n'est pas nécessaire que la pente soit continue de l'amont vers l'aval; il suffit que les centres de gravité des sections transversales possèdent cette pente, c'est-à-dire que la surface supérieure du glacier ait une pente plus grande que le fond. Or le talus d'aval est faible, 18 °/₀₀ en moyenne, et il a pu être facilement remonté par les glaciers.

TABLEAU I. — *Profondeur et longueur de quelques grands lacs et contre-pente d'aval.*

LACS	SURFACE (d'après J.-J. Egli (Peterm. Mittheil., 1893).	PROFONDEUR (d'après J.-J. Egli (Peterm. Mittheil., 1893).	LONGUEUR	RAPPORT $\frac{P}{L}$	CONTRE-PENTES (d'après l'Atlas topographique fédéral) Dénivellation	Longueur	Pente
	kilom. carrés	mètres	kilomètres		courbes	mètres	°/₀₀
Lac de Constance	539	251	69	1 : 275	395-155	13.500	17
Lac de Zurich	88	142	40	1 : 281	400-270	8.700	15
Lac de Wallenstadt	23	151	15	1 : 100	»	»	»
Lac de Zoug	38	198	13	1 : 65	415-230	7.300	25
Lac des IV-Cantons	114	214	36	1 : 168	430-290	8.600	16
Lac de Brienz	30	261	14	1 : 53	»	»	»
Lac de Thoune	48	217	19	1 : 87	560-470	6.500	14
Lac de Neufchâtel	240	153	48	1 : 313	»	»	»
Lac de Bienne	42	78	15	1 : 192	430-360	2.900	24

L'existence des talus d'entrée et de sortie, qui donne au profil des lacs une apparence brisée, et qui a servi de base à la théorie de l'affaissement, s'explique facilement. Le talus d'entrée résulte de l'alluvionnement qui s'est produit postérieurement à la formation de la cuvette; le talus de sortie est, au contraire, plus récent. Au milieu du lac, le glacier a franchi ses berges et s'est étalé sur les régions environnantes; son épaisseur diminuant ainsi, l'érosion s'atténue dans la même proportion et le thalweg se relève pour former la contre-pente d'aval.

Ainsi ce sont les glaciers, par leur présence et surtout par le travail de leurs eaux sous-glaciaires, qui ont créé les cuvettes des grands lacs alpins. Les lacs dus à des captures de rivière se rencontrent surtout dans les cols[2]; mais un grand nombre

[1] Au sujet de l'érosion fluvio-glaciaire, voir l'article de M. Jean Brunhes publié par la *Revue générale des Sciences*, numéro du 15 février 1908.

[1] Voir à ce sujet PENCK et BRÜCKNER : *Die Alpen im Eiszeitalter.*

[2] G. EISENMENGER : *C. R. Académie des Sciences*, 1908, p. 947-948.

Digitized by Google

d'autres petits lacs ont simplement pour origine le barrage d'une vallée par les matériaux glaciaires[1].

V. — Destinée des lacs.

Les lacs ne sont, dans l'histoire des vallées, qu'un accident éphémère. Ils sont tous voués au comblement et, depuis le départ des glaciers, un grand nombre de lacs ont déjà disparu. Pour ceux qui subsistent encore, l'étude des deltas anciens montre que le niveau d'eau a baissé au cours de l'époque quaternaire. D'après M. Heim, la Reuss apporte annuellement au lac des IV-Cantons 150.000 mètres cubes de dépôts; la Kander, d'après M. Steck, 800.000 mètres cubes au lac de Thoune. En adoptant un dépôt de 10 millimètres par an au fond des lacs, il faudra 300 siècles pour combler le lac de Genève, 200 pour le lac des IV-Cantons, 125 pour finir de combler le lac de Constance.

Mais, pour longtemps encore, les lacs resteront le plus bel ornement des vallées alpines; pendant de longs siècles, leur surface moirée continuera à refléter les images tranquilles de leurs murailles rocheuses, des sombres forêts de sapins, des arêtes déchiquetées et des cimes neigeuses scintillant dans l'azur du ciel.

Gabriel Eisenmenger,
Docteur ès sciences,
Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Nancy.

LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES COLLOÏDES HYDRO-OXY-CHLORO-FERRIQUES

ESSAI D'UNE DÉFINITION DE L'ÉTAT MICELLAIRE

Je me suis proposé de suivre dès son apparition et dans toutes ses transformations successives une matière colloïdale, et j'ai choisi celle qui se forme dans les conditions de la plus grande simplicité et qui présente, cependant, toutes les propriétés qui, dans cette étude, doivent être envisagées : c'est le composé hydro-oxy-chloro-ferrique, qui se forme par hydrolyse dans les solutions de perchlorure de fer.

Les recherches que je poursuis depuis quelques années sur cette matière, en collaboration avec L. Michel, m'ont permis d'établir quelques faits nouveaux et de préciser mieux d'autres déjà connus. Je vais les exposer par ordre, et je tâcherai d'en dégager une conception générale de l'état colloïdal.

I. — Diffusion et dialyse.

Une petite fiole contenant une solution de perchlorure de fer est placée au fond d'une fiole plus grande, que l'on remplit avec de l'eau pure en évitant qu'il y ait mélange mécanique.

Si l'on avait affaire à un autre sel, le chlorure de cuivre par exemple, qui est bleu, ce sel tendrait à diffuser, c'est-à-dire qu'il se répandrait dans toute la masse du liquide, laquelle deviendrait uniformément colorée. Le perchlorure de fer, au contraire, ne diffuse que partiellement. Le contenu de la petite fiole devient jaune, opalescent, et même trouble et, après un temps très long, garde toujours un aspect différent du reste de la liqueur, qui devient rouge orangé. C'est que le perchlorure se décompose dans l'eau et forme : d'une part, de l'acide chlorhydrique, et, d'autre part, de l'hydrate ferrique chloruré. Ce corps ne se dépose pas comme les précipités ordinaires, ni ne diffuse comme les autres corps dissous.

Un phénomène en tout comparable a lieu si la solution de perchlorure de fer est séparée de l'eau pure par une membrane perméable, de parchemin par exemple. Alors de l'acide chlorhydrique et une faible quantité de fer apparaissent au dehors, mais l'hydrate ne traverse jamais la cloison; il ne dialyse pas.

Ce sont ces phénomènes qui ont servi à Graham (1861) pour établir la notion d'*état colloïdal*, à savoir : celui des matières qui, en solution, diffusent avec une extrême lenteur, ne dialysent pas et, en se séparant du milieu liquide, ne se présentent que sous l'état amorphe. Ces corps seraient, on le voit, distincts des *cristalloïdes*, corps qui cristallisent, diffusent et dialysent facilement.

Cette notion est devenue de plus en plus importante, bien que la distinction sur laquelle Graham l'avait fondée ait été reconnue tout à fait précaire.

Si l'on s'adresse à des solutions de perchlorure de fer hydrolysées à basse température, ce sont des liqueurs fortement opalescentes ou même opaques; elles contiennent l'hydrate ferrique de la modification jaune, qui ne diffuse pas sensiblement et ne traverse aucune des membranes connues.

Mais, si l'on verse du perchlorure dans de l'eau

[1] G. Eisenmenger : *C. R. Académie d. Sciences*, 1er juin 1908.

Digitized by Google

bouillante, il se forme de l'hydrate de la modification rouge-brun. Celui-ci, en contact avec des solutions différemment concentrées d'acide chlorhydrique, diffuse très peu, il est vrai, et seulement dans les couches voisines. Ceci est remarquable : l'intensité de la diffusion varie selon la concentration en acide. Elle est très faible dans l'eau pure, plus considérable dans les solutions diluées et redevient à peu près nulle dans les solutions plus concentrées d'acide. Elle n'est donc pas le fait d'une dissolution.

Cet hydrate rouge, diffusible, ne dialyse pas au travers du parchemin; il traverse, par contre, facilement des membranes appropriées en collodion. Cependant, si l'on dilue convenablement cette liqueur, ou si on l'abandonne un certain temps au repos, l'hydrate devient incapable de traverser la même membrane en collodion. Les propriétés de diffusion et de dialyse sont très variables, dans les colloïdes préparés différemment; elles varient, en outre, pour le même corps avec la composition du milieu.

Il avait été généralement reconnu que la vitesse de diffusion est extrêmement variable, et que la faculté de dialyser dépend de la membrane, cela aussi bien pour les colloïdes que pour les cristalloïdes, de sorte que l'on ne saurait fonder là-dessus une distinction valable. Mais le fait que, chez les colloïdes, ces propriétés sont en rapport avec la composition du milieu doit nous servir à rechercher quels sont les corps non colloïdaux mieux connus dont les colloïdes peuvent être rapprochés et quels sont ceux dont ils diffèrent complètement.

II. — L'hétérogénéité optique.

Dans une chambre noire, amenons à travers la masse d'une solution de perchlorure de fer le faisceau d'un arc électrique condensé par une lentille. Regardons, dans une direction perpendiculaire à celle des rayons, l'endroit, à l'intérieur du liquide, où le foyer doit se former; ayons recours à une loupe si cela est nécessaire, et évitons que la lumière réfléchie par les parois du vase ne vienne nous gêner. Nous avons réalisé ainsi le dispositif du *néphéloscope* imaginé par Spring.

Quelques grains de poussière voltigeant dans le parcours des rayons nous les rendent perceptibles. C'est le phénomène de Tyndall, qui, dans ces conditions, est particulièrement intense. Si la solution de perchlorure est tout fraîchement préparée, abstraction faite des poussières dont la présence est accidentelle, la masse du liquide reste obscure, tout au moins autant que dans une solution ordinaire. C'est donc une liqueur homogène, *optiquement vide*, comme dirait Spring.

Ensuite, et d'autant plus rapidement que la concentration est plus faible et la température plus élevée, le parcours des rayons à l'intérieur du liquide commence à s'éclairer; ce ne sont pas des points brillants isolés, mais une luminescence diffuse qui va en augmentant; la liqueur devient de moins en moins transparente et même opaque; des particules directement perceptibles peuvent apparaître. Celles-ci généralement se déposent au fond.

Examinons comparativement des solutions de perchlorure pendant et après l'hydrolyse.

1° Le changement des propriétés optiques peut être brusque. Lorsqu'on chauffe une solution concentrée (M/10, le poids moléculaire en grammes dans 10 litres d'eau) au voisinage de 100°, un précipité jaune apparaît, qui se dépose rapidement, et la liqueur redevient homogène.

Mais, dans les solutions diluées, la luminescence peut apparaître et progresser d'une manière tout à fait continue, de sorte que l'on ne peut saisir à quel moment la liqueur n'est plus homogène.

A quel degré d'hétérogénéité établira-t-on la barrière dont on nous a parlé entre les solutions véritables et les fausses, les pseudo-solutions?

2° Avec le temps, l'hétérogénéité devient de plus en plus manifeste. Est-ce que cela tient exclusivement à l'augmentation de la quantité d'hydrate?

Alors, en versant goutte à goutte, dans une solution fraîchement préparée, une autre solution déjà hydrolysée, les changements optiques devraient se manifester avec la même progressivité; or, dans certains cas, il n'en est rien : dès les premières gouttes, le mélange apparaît fortement hétérogène.

3° Chauffons à 100° des solutions différentes de perchlorure. C'est aux concentrations moyennes que la luminescence est le plus faible; à mesure que la teneur en sel augmente ou diminue, les liqueurs apparaissent de plus en plus hétérogènes. Mélangeons convenablement ces liqueurs déjà hydrolysées, nous verrons que les différences ne disparaissent pas. Le degré d'hétérogénéité ne dépend donc pas de la teneur en hydrate.

4° Des portions de la même solution de perchlorure sont chauffées jusqu'à 100°, en ayant soin que la température monte dans chaque échantillon avec une rapidité différente. Ces liqueurs se présentent avec des aspects bien différents; celle où la température est montée le plus lentement est opaque, de couleur jaune d'ocre, et partiellement précipitée; celle où le chauffage a été rapide est opalescente, mais parfaitement limpide, de couleur rouge brun, et ne sédimente jamais.

La rapidité de l'hydrolyse et, par conséquent, le mode de formation de l'hydrate ont donc la plus grande influence sur les propriétés optiques de ces liqueurs.

Digitized by Google

5° Si l'on arrête le processus d'hydrolyse en ramenant les liqueurs à une température plus basse, si l'hétérogénéité s'est déjà manifestée, elle peut varier d'intensité, mais elle ne disparaît jamais.

Ainsi, on peut obtenir des liqueurs qui présentent d'une manière stable l'un quelconque des degrés successifs d'hétérogénéité optique.

6° Ajoutons à une liqueur déjà hydrolysée de l'acide chlorhydrique, ou du perchlorure de fer, ou du chlorure de sodium. Le degré d'hétérogénéité optique change dans un sens ou dans l'autre; on peut agir cependant sans crainte de faire varier la quantité d'hydrate. Et ces variations peuvent être reproduites entre certaines limites d'une manière réversible, car nous pouvons aussi enlever ces électrolytes par la dialyse.

La matière colloïdale une fois formée, selon l'état et la composition des milieux, leur confère l'hétérogénéité optique à des degrés différents.

Spring avait raison : le caractère d'hétérogénéité optique ne peut servir à différencier les colloïdes. Il avait, en effet, pu voir que ce sont seulement les solutions d'acides forts, de bases et sels alcalins qui peuvent être considérées comme optiquement vides, et plus récemment Lobry de Bruyn a pu déceler une luminescence sensible, même dans les solutions de sucres.

Chaque solution, au moment où la matière dissoute se sépare, apparaît optiquement hétérogène. Ce qui doit retenir notre attention dans le cas des colloïdes est la possibilité d'obtenir des liqueurs stables à tous les degrés d'hétérogénéité optique, et le fait que ces phénomènes varient indépendamment de la quantité d'hydrate selon l'état et la composition du milieu.

III. — La visibilité et la mobilité des micelles

Lorsqu'au microscope on voit dans les liqueurs hydrolysées des particules isolées, leurs dimensions sont de l'ordre du millième de millimètre (0,25 μ au moins) et celles-ci toujours plus ou moins lentement se déposent. Dans les liqueurs qui ne sédimentent pas, même avec les plus forts grossissements, rien ne se détache du fond de la préparation.

Siedentopf et Zsigmondy, Cotton et Mouton ont eu l'idée d'employer de forts grossissements pour observer le phénomène de Tyndall; c'est le dispositif de l'*ultramicroscope*. On peut rendre ainsi perceptibles des particules de quelques millionièmes de millimètre (10 à 4 μμ) existant dans des liqueurs parfaitement stables. Il faut se rappeler que les dimensions moyennes des molécules, ainsi qu'on a pu les calculer, ne seraient que dix fois moindres.

Cotton et Mouton, qui ont regardé avec leur dispositif des préparations de différents colloïdes ferriques, ont décrit des particules perceptibles comme des étoiles disséminées parmi d'autres, qui diffractent la lumière, mais ne se résolvent pas en points distincts du fond, celui-ci présentant l'aspect de la voie lactée.

Ces auteurs ont établi que, dans les préparations irrésolubles, des particules isolées peuvent apparaître après dilution ou après chauffage, ou même après un temps de repos.

En plus, et ceci est plus suggestif, ils ont pu, dans d'autres colloïdes, suivre des particules de petites dimensions qui, sous l'action des réactifs, allaient s'unir pour en former de plus grosses.

L'ultramicroscope a donc prouvé que l'hétérogénéité optique est réellement due à la présence, dans les liqueurs, même très stables, de particules capables d'arrêter et de diffracter la lumière. Il a rendu aussi perceptibles les mouvements de ces particules. Au microscope, on pouvait voir que les granules encore assez volumineux sont en agitation perpétuelle. C'est le mouvement brownien, que Gouy avait expliqué par les chocs des molécules environnantes sur ces granules. Ce serait donc un mouvement d'emprunt, tandis que celui que l'on attribue aux molécules et aux ions serait une propriété intrinsèque. A l'ultramicroscope, ces mouvements désordonnés apparaissent d'autant plus vertigineux que les dimensions des particules sont plus petites. Siedentopf et Zsigmondy ont pu en voir de très petites qui oscillent avec une grande vitesse et, en plus, se déplacent en zig-zag. N'est-il pas possible que les plus petites particules possèdent aussi une mobilité intrinsèque?

Cotton et Mouton ont pu constater, et ceci me paraît d'un grand intérêt, que la mobilité des particules ne dépend pas seulement de leurs dimensions, mais aussi de la composition du milieu.

La conception que déjà Graham avait énoncée, à savoir : que les colloïdes forment dans les liquides des particules de dimensions beaucoup plus grandes et de mobilité beaucoup plus faible que les molécules ordinaires, a reçu une démonstration on ne peut plus directe. Ces particules colloïdales, qu'on appelle *micelles* (le mot est de Naëgeli), possèdent des attributs variables d'une manière continue entre des limites très larges. Je pense que des micelles peuvent exister ayant des dimensions et une mobilité de l'ordre de celles de molécules ou d'ions connus ou possibles.

IV. — La filtration au travers des sacs en collodion.

Les membranes en collodion que l'on a eu soin de maintenir constamment humides peuvent servir

Digitized by Google

comme filtres. J'ai vu premièrement Borrel filtrer au travers des sacs en collodion les toxines microbiennes; j'ai pensé alors à les essayer pour séparer les micelles de leur milieu.

Une solution quelconque de perchlorure de fer, additionnée d'acide chlorhydrique pour la rendre stable si elle est diluée, est versée dans un sac de collodion ficelé au bout d'un manchon en verre; on active la filtration en exerçant une faible pression d'air à l'intérieur. Il suffit d'avoir rincé au préalable l'appareil avec la même solution pour que celle-ci traverse la membrane sans être sensiblement changée ni dans sa composition, ni dans ses constantes physiques (cryoscopie, conductibilité électrique). Par contre, des liqueurs pareilles, après hydrolyse, abandonnent en traversant la membrane une partie notable de matière, qui est composée de fer, de chlore et des éléments de l'eau.

1° Filtrons l'une de ces liqueurs fortement hétérogènes, qui contiennent l'hydrate de la modification jaune; le filtrat est rigoureusement homogène au néphéloscope, et il ne change pas par addition de chlorure de sodium, de sulfates ou de phosphates. Il ne contient donc que l'acide chlorhydrique, produit de l'hydrolyse, et le perchlorure non décomposé; c'est *le liquide intermicellaire*. Tout l'hydrate a été retenu; il doit être formé de micelles de grandes dimensions, qui ne peuvent traverser la membrane.

2° Filtrons maintenant ces liqueurs rouges dont l'hétérogénéité optique est moins prononcée; elles donneront un filtrat qui, au début, est parfaitement homogène au néphéloscope, même après addition de chlorures ou de sulfates; mais, si l'on continue la filtration, les portions suivantes passent colorées en rouge. Au néphéloscope, ce liquide filtré rouge ne manifeste pas le phénomène de Tyndall d'une manière sensible; cependant, il précipite si on l'additionne de chlorure de sodium ou de sulfate; il contient donc de l'hydrate colloïdal en solution homogène.

Du reste, rien de plus facile que de rendre ce produit rouge incapable de traverser la même membrane dans une nouvelle filtration. Il suffit de le dialyser sur du parchemin ou de diluer la liqueur convenablement et de la laisser un certain temps en repos.

3° La membrane qui a laissé passer le colloïde est profondément modifiée; elle est teintée d'une manière indélébile; sa charge électrique était négative en solution acide et elle est devenue positive comme l'hydrate ferrique. Ainsi modifiée, si on l'emploie à filtrer une nouvelle portion de la même liqueur, la membrane laisse passer du liquide rouge dès les premières gouttes.

Les micelles de faibles dimensions paraissent s'insinuer dans les pores de la membrane, où elles se fixent au début; l'ayant imprégnée, elles peuvent ensuite la franchir.

4° Reprenons avec de l'eau pure le résidu d'hydrate resté à l'intérieur du sac et recommençons la filtration. Si la dilution a été suffisante, l'hydrate ne traverse plus la même membrane, et si on le transporte sur une membrane neuve, celle-ci n'est pas teintée. C'est bien à cause des dimensions micellaires que l'imprégnation de la membrane se fait.

En continuant de cette manière, on lave les micelles, et le filtrat devient une solution pure de plus en plus faible d'acide chlorhydrique.

La liqueur colloïdale apparaît de plus en plus hétérogène à mesure que le liquide intermicellaire s'appauvrit en électrolytes; elle finit par sédimenter. Tout se passe comme si les micelles grossissaient en diminuant de nombre.

5° Le processus inverse peut être réalisé. Versons sur le résidu de la filtration, au lieu de l'eau pure, des solutions différemment concentrées d'acide chlorhydrique; dans le filtrat, on trouve moins d'acide. Les micelles ont donc absorbé du chlore; la liqueur colloïdale devient plus transparente; pour une teneur donnée d'acide, on voit réapparaître dans le filtrat l'hydrate rouge; si la teneur est encore plus forte, une portion du colloïde mélangée avec du perchlorure traverse le filtre, et une autre portion forme sédiment. Tout se passe comme si de petites micelles pouvaient se former aux dépens des grosses, lorsque le milieu a été enrichi en acide chlorhydrique.

Cette nouvelle technique nous a donc permis de séparer les micelles de leur milieu dans des liqueurs très stables par un moyen purement mécanique, sans crainte d'altérations. Elle nous a montré que des liqueurs colloïdales peuvent exister dont l'hétérogénéité optique est au moins douteuse.

Nous avons vu encore mieux qu'auparavant les dimensions des micelles varier d'une manière en quelque sorte réversible avec la composition du liquide intermicellaire. Bechhold, qui, après nous, s'est occupé des membranes en collodion, a proposé de classer les colloïdes selon leur filtrabilité; les faits que nous avions à cette époque déjà montrés enlèvent toute valeur théorique à une pareille classification.

Ces membranes, du reste, se comportent différemment selon le mode de préparation.

Éléonore Lazarus et Louis Michel, dans mon laboratoire, ont cherché à préciser cette technique, et les points suivants sont déjà acquis :

1° Les membranes sont d'autant plus perméables et laissent passer plus facilement les colloïdes que la proportion d'alcool est plus grande dans le collodion qui a servi à les préparer.

Digitized by Google

2° En employant du collodion plus concentré ou en augmentant le nombre de couches, les membranes résistent mieux à la pression, mais elles débitent moins. On peut facilement préparer des sacs de 50 millimètres de diamètre résistant à plus d'une atmosphère de pression.

3° Si on laisse dessécher ces membranes, elles deviennent de moins en moins perméables. Une membrane desséchée à la température du laboratoire pendant vingt-quatre heures ne peut plus servir, même pas comme dialyseur; si l'on ménage la dessiccation, on peut obtenir tous les degrés d'hémiperméabilité. Non seulement elles retiennent des micelles très ténues, mais aussi des molécules, de saccharose par exemple. Cette méthode de filtration s'est, depuis, beaucoup répandue dans les laboratoires, et elle a déjà rendu des services signalés. Le Professeur Lottermoser, qui l'a jugée malheureuse en parlant de mes recherches, l'a reconnue efficace quand Bechhold l'a employée.

V. — La pression osmotique.

Lorsqu'on verse une liqueur contenant ce composé hydro-oxy-chloro-ferrique sur un dialyseur ordinaire, la quantité d'eau extérieure étant très grande ou renouvelable, de l'acide chlorhydrique traverse constamment la membrane et la liqueur intérieure devient de plus en plus hétérogène et peut finir par sédimenter. Dans ces conditions, le niveau intérieur ne tarde pas à devenir égal à l'extérieur. C'est que l'hydrate ferrique ne manifeste pas de pression osmotique appréciable.

Examinons ce qui devrait se passer si cette matière jouissait des mêmes propriétés osmotiques que les autres corps dissous : Soit 30 grammes au litre la teneur en matière non dialysable; c'est un exemple choisi au-dessous de la moyenne. Si le poids de la micelle était trente fois plus grand que celui de l'atome d'hydrogène, nous aurions affaire à la solution dite normale et, dans ce cas, à l'intérieur du dialyseur devrait exister une pression osmotique de 22 atmosphères, c'est-à-dire le liquide extérieur serait poussé au travers de la membrane avec une force aussi formidable; ou, ce qui revient au même, le liquide colloïdal pourrait se maintenir en équilibre, son niveau étant 200 mètres environ plus élevé que celui de l'eau à l'extérieur. L'on peut, dès lors, prévoir que, même si le poids relatif de la micelle était de 300.000, il devrait y avoir une différence de niveau de 20 millimètres, et, dans ces conditions, une différence de 1 millimètre est appréciable. Ils étaient donc mal inspirés les savants qui, après avoir cherché à purifier ce corps par dialyse, et bien qu'ils n'aient vu aucune différence de niveau appréciable dans leur dialyseur, se sont livrés à des déterminations cryoscopiques; l'on sait qu'à une différence de niveau de 1 centimètre correspond un abaissement du point de congélation de 1/10.000 de degré, ce qui n'est pas appréciable.

On peut employer pour la mesure de la pression osmotique, dans ce cas, la méthode plus rationnelle dont Rodewald et Kattein se sont servis pour l'iodure d'amidon. L'eau à l'extérieur du dialyseur, étant en quantité limitée, s'enrichit peu à peu en acide chlorhydrique et, après un certain temps, qui peut durer plusieurs mois, sa teneur en chlore ne change plus; la différence de niveau reste alors constante; elle est de quelques centimètres plus élevée à l'intérieur. Cette pression osmotique devrait être attribuée au colloïde. Cependant, la teneur en chlore à l'intérieur est aussi plus grande que dans le liquide extérieur et, si l'on fait avec la même liqueur des essais dans des conditions variées, on trouve que la différence de niveau aussi bien que le partage du chlore entre les deux portions du liquide varient avec la quantité d'eau que l'on a mise à l'extérieur, et non pas avec la quantité de matière non dialysable.

Ces résultats, on le voit, ne sont pas susceptibles de coordination, et c'est en filtrant au travers des membranes en collodion que nous allons trouver des éclaircissements au problème de la pression osmotique des colloïdes.

Filtrons une de ces liqueurs de couleur jaune ocre où l'hydrate est formé de grosses micelles; à mesure que le liquide intermicellaire est expulsé, on voit le colloïde se déposer sur les parois du filtre et quand, grâce à la pression d'air à l'intérieur, le produit est essoré, si l'on supprime la pression et que la membrane soit restée en contact avec le liquide filtré, celui-ci n'est pas résorbé. Ces grosses micelles ne manifestent donc aucune pression osmotique.

Par contre, si l'on filtre une de ces liqueurs rouges obtenues en chauffant à 100° les solutions de perchlorure moyennement concentrées, j'ai vu que le résidu de la filtration reste liquide malgré la pression intérieure correspondant à quelques mètres d'eau; si on la supprime, le liquide filtré rentre, le volume du colloïde augmente, et son niveau s'élève. Ces micelles de faibles dimensions développent donc une pression osmotique appréciable.

Jacques Duclaux a ensuite essayé de mesurer cette pression osmotique en rapport avec la concentration en colloïde, et il a trouvé dans un cas que, lorsque la concentration variait de 1 à 18, la pression augmentait de 1 à 80. On sait que, pour les composés ordinaires, la pression varie régulièrement avec la concentration.

Digitized by Google

J'ai alors cherché à préciser ces données, et j'ai pu établir les faits suivants :

1° On met à filtrer une liqueur contenant le colloïde rouge ayant été lavé; le liquide intermicellaire que l'on expulse est une solution environ millième normale d'acide chlorhydrique; la pression exercée à l'intérieur correspondant à celle d'une colonne d'eau de 250 centimètres, le résidu à l'intérieur de la membrane atteint le volume limite à cette pression et ne change plus. A ce moment, c'est une liqueur épaisse, qui contient 180 grammes de fer et 17 grammes de chlore au litre. Enlevons la pression intérieure; le liquide filtré rentre et, si l'on a soin de ramener les niveaux à être constamment égaux, le volume de la liqueur colloïdale n'augmente pas indéfiniment, comme cela se passerait avec un composé quelconque non dialysable. Dans notre cas, le volume cesse de s'accroître lorsqu'il est devenu environ cinq fois plus grand. A ce moment, la liqueur colloïdale, bien qu'elle soit encore très concentrée, ne développe plus de pression osmotique; elle a atteint le volume limite à la pression nulle.

2° Versons de nouvelles portions d'eau pure sur ce colloïde; il va s'appauvrir en chlore, et son volume limite à la pression de 250 centimètres cubes d'eau deviendra plus petit; ramené à la pression ordinaire, il résorbera de moins en moins de liquide extérieur.

3° Inversement, versons sur ce résidu des solutions d'acide chlorhydrique légèrement plus concentrées que le liquide intermicellaire que l'on vient d'en retirer. Nous savons que le colloïde fixe du chlore, le volume limite devient plus grand. Si la teneur en acide du nouveau liquide intermicellaire est trop grande, le volume limite, au contraire, diminue: le résidu peut devenir pâteux et se laisser essorer de mieux en mieux.

4° Quand on filtre une liqueur assez étendue et, par conséquent, bien transparente, on voit la matière colloïdale s'entasser au fond du sac; les couches inférieures restent toujours plus concentrées, même longtemps après que l'on a arrêté la filtration. Les micelles ne se déplacent donc pas sensiblement dans leur milieu.

La théorie cinétique explique la pression osmotique comme étant déterminée par les mouvements, d'amplitude indéfinie, qui animent les unités matérielles. Cette théorie ne paraît pas rendre compte, au moins directement, des phénomènes d'osmose micellaire. La faculté du colloïde de retenir le liquide me paraît s'expliquer mieux en supposant que les micelles ont une tendance à se repousser les unes les autres. Cette force de répulsion ne pouvant s'exercer que dans une sphère limitée, le colloïde ne pourrait se détendre au delà d'un volume donné. Lorsque, dans une liqueur colloïdale placée sur une membrane hémiperméable, on expulse le liquide intermicellaire, les micelles sont rapprochées, mais elles restent indifférentes. Une fois le volume limite atteint, les micelles se trouvent à la distance où la répulsion se manifeste; alors, si l'on veut les rapprocher davantage, la tension apparaît et augmente comme celle d'un ressort. Cette force de répulsion, et, par conséquent, le volume limite occupé par la micelle, doit dépendre non seulement de sa composition, mais aussi de celle du milieu.

VI. — Le transport et la conductibilité électrique.

Dans une liqueur contenant un composé colloïdal, débarrassé autant que possible par dialyse ou par des lavages sur collodion de l'acide chlorhydrique et du perchlorure restant, on fait passer un courant électrique. Lentement il se forme un nuage de couleur plus foncée autour du pôle négatif et un éclaircissement apparaît autour du pôle positif. Les micelles se déplacent *en sens inverse de la direction du courant*. La quantité d'électricité qui passe est cependant à peine appréciable. C'est le phénomène de la *cataphorèse*. Toutes les micelles colloïdales, et, en général, toutes particules en suspension dans un liquide, même les microbes et les infusoires, se déplacent ainsi dans un sens ou dans l'autre au passage de l'électricité. On sait, par contre, que les molécules non dissociables, les *non-électrolytes*, sont indifférentes, tandis que d'autres, les *électrolytes*, se dissocient en ions; l'un de ceux-ci va vers un des pôles et l'autre ou les autres en sens opposé. Dans le cas des électrolytes, à une quantité de matière transportée correspond le passage d'une quantité donnée d'électricité. Il y a un *équivalent électro-chimique*.

Le problème ici posé est le suivant : En quoi la cataphorèse est-elle distincte de l'électrolyse ?

Quand un corps quelconque est mis en contact avec un liquide, il s'établit une différence de potentiel électrique entre la surface mouillée et le liquide. C'est l'*électrisation de contact*. Helmholtz l'avait expliquée par la formation d'une double couche, constituée de deux feuillets de charge opposée, l'un tapissant la surface mouillée, l'autre enveloppant le liquide.

Si le contact entre le solide et le liquide se fait sur une surface assez étendue, ce qui se réalise lorsque les liquides traversent des tubes capillaires ou des corps poreux, au passage du courant électrique le liquide se déplace. C'est *l'osmose électrique*.

Perrin a fait remarquer que ce serait le solide qui se déplacerait s'il pouvait facilement se mou-

Digitized by Google

voir; il n'y aurait, pour qu'il pût se déplacer, qu'à le réduire en poussières fines et capables de rester un certain temps en suspension. Le phénomène de la cataphorèse et celui de l'osmose électrique seraient donc essentiellement les mêmes et dus l'un et l'autre à l'électrisation de contact.

Les résultats intéressants que Perrin a obtenus en expérimentant sur l'osmose électrique lui ont permis de conclure que l'électrisation de contact est le fait de la fixation de certains parmi les ions libres dans le liquide sur les parois du corps mouillé. A la fiction de la double couche de Helmholtz, Perrin substitue une conception matérielle plus précise : la distribution différente des ions libres dans les liquides au voisinage des parois. Ceux d'un même signe feraient un revêtement, une couche autour du solide, et lui communiqueraient leur charge, tandis que les ions compensateurs restés au voisinage immédiat amèneraient dans le liquide la charge de signe opposé.

Selon la nature et la quantité des ions présents, d'une part, et selon la matière de la paroi de l'autre, le signe et l'intensité de la charge pourraient varier. Perrin a montré que, dans l'osmose électrique, ce rôle revient surtout aux monovalents, les ions H et OH étant de beaucoup les plus actifs, tandis que les ions polyvalents paralyseraient plutôt l'effet des charges conférées par les monovalents. Perrin a développé sa conception en l'appliquant aux colloïdes.

Dans notre cas particulier, nous devrions concevoir les micelles du produit hydro-oxy-chloro-ferrique comme des amas de molécules insolubles d'hydrate, sur lesquelles viendraient se fixer des ions H, qui leur communiqueraient leur charge positive, et un cortège d'ions Cl les entourerait.

Ces masses chargées de même signe se repoussant réciproquement, on expliquerait la possibilité qu'elles ont, malgré la gravité, de rester dispersées dans le liquide, et la tension osmotique qu'elles peuvent manifester. En plus, du moment que ces charges sont localisées sur des points distincts des parois, Perrin admet que la micelle tend à se disloquer lorsque le nombre des ions fixés augmente. Par conséquent, les dimensions et la stabilité des micelles devraient varier avec le nombre d'ions disponibles dans le liquide. Dans notre cas, ce seraient les ions H qui joueraient ce rôle d'*ions stabilisants*.

Cette conception est de la plus haute importance théorique, car elle a introduit la notion de la fixation des ions électrolytiques sur les surfaces mouillées par les liquides.

Parmi les hypothèses purement physiques que l'on a proposées dans l'étude des colloïdes, ou plutôt des suspensions, celle de Perrin est la plus satisfaisante. Cependant, elle ne suffit pas à expliquer tous les phénomènes que je viens de décrire. Nous avons vu, en effet, qu'à mesure que l'hydrolyse dans les solutions de perchlorure progresse, des micelles de plus en plus volumineuses apparaissent. Or, pour chaque molécule $FeCl^3$ qui se transforme en hydrate $Fe(OH)^3$, trois molécules HCl se forment, de sorte que le nombre d'ions H disponibles augmente plus que celui des molécules insolubles. Pourquoi celles-ci se réuniraient-elles d'abord en amas et fixeraient-elles ensuite des ions sur leurs parois? Pourquoi une molécule d'hydrate aussitôt formée ne s'unirait-elle pas avec un ou même plusieurs ions H? N'admet-on pas, en Chimie, que la molécule insoluble d'iodure mercurique, par exemple, aussitôt formée s'unit à l'ion I de l'iodure de potassium? Comment expliquer par un mécanisme aussi simple la grande différence que l'on constate dans les propriétés des micelles d'une même matière?

Nous avons vu qu'il suffit tout simplement de ralentir ou d'accélérer la marche de l'hydrolyse pour aboutir à des colloïdes nettement distincts, bien que leur composition soit la même.

L'hypothèse de Perrin sur les ions stabilisants ne permet pas de rendre compte du fait que les micelles grossissent et que leur stabilité diminue lorsque la teneur en HCl du liquide intermicellaire dépasse une certaine limite.

J'ai toujours pensé que le mode de formation des micelles ne doit pas être différent de celui des autres corps mieux connus. J'ai proposé en 1904 de considérer les micelles comme des systèmes formés par un nombre variable de molécules insolubles groupées autour d'un des ions d'un électrolyte. Et j'ai représenté le colloïde hydro-oxy-chloro-ferrique par les formules :

$$\left[(FeO^3H^3)^nH\right]Cl - \left[(FeO^3)^nFe\right]Cl^3.$$

D'après cette conception, les micelles seraient constituées comme des composés doubles, et l'on retrouve, en somme, la formule brute proposée par Béchamp :

$$Fe^2O^3.Fe^2Cl^6.$$

Que l'on envisage la micelle selon la conception de Perrin ou selon celle que j'ai proposée, elle serait un électrolyte formé par un gros ion, comme a dit ensuite J. Duclaux, un granule chargé, comme ont dit Cotton et Mouton, accompagné d'ions Cl.

Le phénomène de la cataphorèse est directement perceptible à l'ultramicroscope. Cotton et Mouton ont pu voir des granules se déplacer; sont-ils les paquets de molécules d'hydrate associées avec un ou plusieurs ions positifs? Y a-t-il en même temps déplacement de chlore en sens inverse? Cela n'a

Digitized by Google

pas encore été directement mis en évidence; l'on a souvent admis, sans preuves d'ailleurs, que la matière colloïdale se déplace en entier. MM. Tribot et Chrétien, d'autre part, ont fait passer le courant électrique en immergeant le pôle négatif dans la liqueur colloïdale contenue dans un dialyseur et le pôle positif dans le liquide extérieur; ils ont pu ainsi appauvrir les micelles dans leur teneur en chlore beaucoup plus rapidement que dans les conditions ordinaires de dialyse. Est-ce que cela n'indique pas que la micelle subit la dissociation électrolytique tout comme un chlorure ordinaire?

Maintenant que la méthode de filtration au collodion permet d'expérimenter comparativement sur le colloïde entier et sur le liquide intermicellaire pris séparément, la question pourra être résolue d'une manière directe. Mais il fallait auparavant résoudre la question préalable : la micelle possède-t-elle une conductibilité spécifique?

Nous savons que les liqueurs colloïdales considérées comme purifiées, parce que débarrassées par dialyse de l'excès d'électrolytes, conduisent très peu l'électricité, à peine un peu plus que l'eau, et il fallait décider si cette faible conductibilité ne doit pas être attribuée aux traces d'électrolytes toujours présentes.

La méthode de filtration se prête à résoudre la question ainsi posée, car, après avoir mesuré la conductibilité de la liqueur colloïdale, on peut comparativement mesurer celle du liquide intermicellaire, et je m'étais assuré que des solutions, même faibles, d'acide chlorhydrique filtrent inaltérées.

Or, dans des expériences de première approximation, j'avais opéré avec des solutions de perchlorure de fer hydrolysées, en pensant que c'étaient les micelles les plus riches en chlore qui devaient se montrer les plus actives, et j'avais trouvé des valeurs tout à fait voisines en mesurant soit le liquide filtré, soit la liqueur colloïdale entière et même celle qui, à l'intérieur du sac en collodion, s'était concentrée en micelles.

J. Duclaux, ayant repris ces expériences, s'adressa à des préparations de colloïde ferrique très concentrées et dont le liquide intermicellaire était très pauvre en électrolytes; il constata que la conductibilité du liquide filtré est sensiblement inférieure à celle de la liqueur colloïdale; celle-ci, du reste, en se concentrant sur le filtre, devient de plus en plus conductrice.

A Duclaux revient donc le mérite d'avoir mis en évidence, par cette méthode élégante, la conductibilité des micelles.

J'ai cherché alors à coordonner les résultats, en apparence contradictoires, et j'ai pu établir les faits suivants :

1° Toute liqueur colloïdale, quelle que soit sa composition, lorsqu'elle est suffisamment diluée, a une valeur de conductibilité qui se retrouve tout entière dans le liquide débarrassé de micelles. En continuant la filtration, le liquide intermicellaire continue à passer avec une conductibilité constante; la liqueur colloïdale se concentrant en micelles, lorsqu'elle commence à manifester une pression osmotique, change dans sa conductibilité.

Dans les cas où le liquide intermicellaire est une solution riche en acide chlorhydrique et contient même un peu de perchlorure de fer, la conductibilité de la liqueur colloïdale tend à diminuer en se concentrant en micelles ; le liquide intermicellaire séparé étant invarié, les valeurs de conductibilité des micelles obtenues par différence sont représentées par des chiffres négatifs.

Dans le cas, par contre, où le liquide intermicellaire est une solution faible d'acide $\left(\frac{N}{1.000}\right.$ par exemple), la différence, qui est nulle pour les liqueurs diluées, devient une valeur positive, qui croît avec la concentration en micelles.

2° La même matière colloïdale, selon que l'on a enrichi ou que l'on a appauvri en électrolytes son liquide intermicellaire, donné des valeurs différentielles de conductibilité, qui sont des chiffres négatifs ou positifs et peuvent être rigoureusement nuls à une concentration donnée. Ces variations entre certaines limites ont lieu d'une manière réversible.

3° Si l'on ajoute à des portions égales du même colloïde très dense des quantités croissantes de son propre liquide intermicellaire, quelle que soit la composition et quoique, dans ces cas, il n'y ait pas d'échanges chimiques, la conductibilité des échantillons que l'on obtient est toujours inférieure à celle que l'on peut calculer par la règle des mélanges, et d'autant plus inférieure que l'on a ajouté plus de colloïde. Cela prouverait que les électrolytes et les micelles exercent une influence mutuelle en diminuant leur état de dissociation électrolytique.

Les mesures cryoscopiques viennent à l'appui de cette supposition. Les liqueurs colloïdales, quelle que soit la concentration en micelles, congèlent d'autant plus près du zéro que leur liquide intermicellaire est plus pauvre en électrolytes. L'abaissement cryoscopique, que l'on pourrait attribuer aux micelles, devrait augmenter avec la concentration comme cela se vérifie avec tous les corps dissous. Ici, au contraire, le point de congélation paraît indépendant de la concentration et, lorsque les micelles se trouvent dans un milieu riche en électrolytes, il tend même nettement à se rapprocher de plus en plus de zéro, à mesure que le volume diminue.

Je ferai, en passant, une remarque : Nous avons

Digitized by Google

constaté que des solutions de colloïdes très denses congelaient à 1/100 de degré seulement au-dessous de zéro; cependant, la teneur en chlore était de l'ordre de la solution normale. On a de la peine à admettre que ce chlore représente de l'acide chlorhydrique ou du perchlorure réuni à l'hydrate par une liaison faible, comme celle que les hypothèses d'électrisation de contact et celle d'absorption supposent. Il doit s'agir ici de véritables composés, où ces électrolytes peuvent se trouver mieux dissimulés.

Malgré leur complexité, ces phénomènes ne nous apparaissent aucunement bizarres, si l'on réfléchit qu'ils peuvent être reproduits entre certaines limites avec des composés mieux connus. M. Boizard n'a-t-il pas montré, d'une manière indiscutable, qu'il existe des solutions d'électrolytes dont la conductibilité peut baisser, rester constante, ou augmenter, si on les additionne d'un autre électrolyte capable de changer l'état d'ionisation; telles, par exemple, les solutions d'acide sulfurique avec le sulfate d'ammoniaque? Admettons pour un instant que les molécules de sulfate d'ammoniaque puissent être retenues par la membrane en collodion; en filtrant de pareils mélanges, si nous voulions mesurer par différence la conductibilité du sel, nous tomberions sur des chiffres négatifs ou positifs en passant par zéro, selon les proportions dans lesquelles les deux matières se trouvent en présence. D'autre part, il est loisible d'imaginer un composé électrolytique dont un des ions aurait une masse très grande et, par conséquent, un équivalent électrochimique très faible. La conductibilité spécifique de ce corps pourrait se confondre avec celle attribuable aux traces d'autres électrolytes qui l'accompagnent; ce serait seulement à partir d'une concentration très grande que ce corps manifesterait une conductibilité propre, et il faudrait encore que les autres électrolytes présents ne l'empêchent pas de rester dissocié.

Toujours est-il que l'on ne peut refuser aux micelles du colloïde hydro-oxy-chloro-ferrique le caractère d'électrolyte. En plus, les propriétés électriques ainsi que toutes les autres propriétés physiques de ce corps apparaissent éminemment variables avec la nature du milieu et entre certaines limites d'une manière réversible.

VII. — La divisibilité des colloïdes.

Nous n'avons pas encore le moyen d'apprécier la masse des micelles; peut-être pourra-t-on le faire en comptant à l'ultramicroscope le nombre des micelles d'un poids connu de colloïde. Dans notre cas cependant, ce poids n'est pas facile à établir, car l'hydrate ferrique, en se desséchant, perd continuellement de l'eau. Rien ne s'oppose, dès à présent, à admettre que les variations auxquelles nous avons assisté correspondent à des changements de la masse des micelles.

Posternack et, plus récemment, Dumansky ont proposé, pour expliquer les changements dans l'état de solution des colloïdes, des théories selon lesquelles le volume de la micelle pourrait changer sans addition de matière; bien qu'une pareille supposition ne puisse pas être exclue complètement, elle demeure manifestement insuffisante à expliquer tous les phénomènes.

L'observation directe, du reste, prouve que la masse micellaire doit être variable. N'a-t-on pas vu des petites micelles s'unir entre elles pour en former de grosses? Recherchons quels sont les cas de matières mieux connues, se divisant dans l'eau en unités de masses variables :

L'iode, très peu soluble dans l'eau pure, se dissout abondamment dans l'iodure de potassium. Des travaux récents, d'Abegg entre autres, montrent qu'il faut dans ce cas envisager l'existence des complexes formés d'un nombre variable de une à huit molécules d'iode associées avec un ion iode de l'iodure de potassium : I^8K ou $[(I^2)^8I]K$. Ces solutions étant fortement colorées, on ne sait jusqu'à quel point elles sont optiquement homogènes.

J'emprunte à un Mémoire récent de M. Ditte sur les sulfures doubles les faits suivants : Quand l'on dissout dans une solution concentrée de sulfure de potassium le précipité noir et insoluble de sulfure mercurique, il se forme dans la liqueur un sulfure double, constitué par une molécule de sulfure mercurique associée à une molécule de sulfure potassique et à une molécule d'eau; ce composé cristallise en belles aiguilles rouges. Si l'on chauffe une liqueur contenant ce composé, ou qu'on la dilue, il se précipite du sulfure mercurique amorphe, qui retient toujours du sulfure alcalin. Si le chauffage ou la dilution sont menés avec ménagement, il peut se séparer un composé formé de cinq molécules de sulfure mercurique associées avec une seule molécule de sulfure potassique et cinq molécules d'eau; ce composé est aussi cristallisé. Mais, si l'on pousse plus loin la dilution ou le chauffage, la liqueur prend l'aspect colloïdal, et plus loin encore elle précipite.

Rien n'empêche d'admettre que les composés dont la structure a pu être définie, étant cristallisables, représentent les homologues inférieurs d'une série ininterrompue, allant du groupement d'une molécule de sulfure mercurique avec une molécule de sulfure potassique à ceux de plusieurs molécules insolubles avec une seule molécule d'électrolyte, et, enfin, jusqu'au précipité amorphe où le nombre de molécules insolubles est très grand par rapport

Digitized by Google

à la quantité de sulfure potassique. Les premiers seraient des composés cristallisables et les suivants des composés colloïdaux de moins en moins solubles. Pourquoi le sulfure mercuro-potassique à l'état micellaire se formerait-il par un processus différent de celui qui préside à la formation des composés cristallisables ?

Ce qu'il faut retenir ici, c'est qu'une matière insoluble se combine avec un électrolyte et forme des particules dont la masse est d'autant plus grande que la teneur en électrolyte est plus faible.

L'analogie est frappante entre les faits que je viens d'exposer et ceux de la dissolution de l'hydrate ferrique dans le perchlorure de fer, mis en lumière la première fois par Béchamp; seulement, à présent, nous pouvons interpréter plus à fond ce phénomène.

VIII. — Synthèse et composition des micelles.

En même temps que nous étudiions les changements de l'équilibre chimique dans les solutions de perchlorure de fer en voie d'hydrolyse par la mesure des variations de la conductibilité électrique, nous avons eu soin, d'une part, d'examiner les propriétés physiques des colloïdes qui prenaient naissance dans ces liqueurs, et, d'autre part, d'établir par l'analyse chimique la composition qualitative et quantitative des corps en présence. Voici, brièvement résumés, les principaux résultats de nos expériences :

1° Dans les solutions de $FeCl^3$ à la température de 18°, si la concentration n'est pas inférieure au titre N : 250 en Cl (les solutions contenant 35 gr. 5 de Cl dans 250 litres), la conductibilité électrique ne varie guère durant le temps nécessaire pour prendre plusieurs mesures concordantes. Dans les limites de temps, de température et de concentration où la conductibilité est restée invariée, on retrouve des valeurs constantes et réversibles en fonction de la température et de la concentration. Ces valeurs, à partir de la concentration N : 10 en Cl, sont supérieures à celles des solutions équivalentes de $BaCl^2$; au delà de la concentration N : 25, elles sont supérieures à celles des solutions de KCl. Ce n'est donc pas la conductibilité spécifique de $FeCl^3$ que ces valeurs représentent, mais celle de mélanges en proportions variées de $FeCl^3 + HCl$.

C'est dire que le perchlorure de fer est partiellement hydrolysé aussitôt en contact avec l'eau. Mais ce processus atteint d'abord un état d'équilibre défini et réversible. Dans les solutions parfaitement stables et homogènes, la présence de HCl est nettement manifeste; les carbonates y sont attaqués avec effervescence; il n'est, par contre, pas possible de mettre directement en évidence l'hydrate ferrique. Celui-ci ne possède alors aucun des caractères des colloïdes; il doit être sous forme de composés où les oxhydriles sont bien en évidence, car le fer revient à l'état de perchlorure, aussitôt que les conditions d'équilibre l'exigent. L'on peut admettre l'existence des composés suivants : $Fe(OH)Cl^2$ et $Fe(OH)^2Cl$;

2° Après un temps d'autant plus long que la température est plus basse et la concentration plus élevée, la conductibilité augmente seulement en fonction du temps et l'équilibre de ces liqueurs passe par des états éminemment instables et irréversibles. C'est alors que les propriétés des colloïdes apparaissent dans la liqueur : l'homogénéité disparaît; il se forme des précipités par addition de sulfates ou de phosphates. Ce processus d'hydrolyse n'est possible que si l'hydrate ferrique, à mesure qu'il se forme, est mis à l'abri de l'action de HCl. Nous n'avançons aucune hypothèse nouvelle en admettant que des molécules d'hydrate $Fe(OH)^3$ se forment à ce moment, lesquelles s'associent aux ions libres pour former ce qu'on appelle des *ions complexes* : $\left[Fe(OH)^2Fe\right]^{+}_{+}$, par exemple. L'on sait que ces groupements se déplacent en entier dans les réactions; c'est ainsi que le fer et les oxhydriles se trouvent dissimulés. Il faut que l'acide défasse le groupement pour ramener le fer à l'état de perchlorure. Les conditions de réversibilité ne peuvent plus être satisfaites.

Lorsque le nombre de molécules $Fe(OH)^3$ devient de plus en plus grand vis-à-vis du nombre d'ions disponibles, il se formerait des ions complexes aux dépens d'un nombre variable, qui pourrait être assez grand, de molécules d'hydrate avec un seul ion positif, celui-ci restant compensé par les ions Cl exigés par son atomicité; ce seraient *les micelles*;

3° Si l'on interrompt l'hydrolyse en abaissant la température et en la maintenant ensuite constante, la conductibilité électrique dans la liqueur tend à diminuer avec le temps. L'hydrolyse rétrograde. Ce processus de rétrogradation est plus ou moins rapide et intense selon le mode dans lequel l'hydrolyse avait progressé et le degré qu'elle avait atteint;

4° Lorsque, dans une solution, la conductibilité progresse rapidement au début, il se forme le colloïde rouge brun; si, au contraire, l'hydrolyse est lente, il apparaît le colloïde jaune ocre;

5° Si l'on additionne aux solutions de $FeCl^3$ des quantités variées de HCl, on obtient des liqueurs où la conductibilité reste constante pendant un temps plus long que dans les solutions de $FeCl^3$ au même titre. Dans ces dernières, la conductibilité, en augmentant plus rapidement, peut dépasser celle des solutions de $FeCl^3 + HCl$. Cela prouve que, pendant l'hydrolyse, il peut se former au sein de la liqueur

Digitized by Google

une quantité de cet acide qui, ajoutée au début, aurait rendu la liqueur stable. Au cours de l'hydrolyse se forment donc des produits de plus en plus résistants à l'action de HCl.

En effet, nous avons pu nous assurer qu'il fallait ajouter de l'acide à une concentration de plus en plus grande pour ramener la liqueur à l'état homogène à mesure que l'hydrolyse était plus avancée et lorsque des micelles de grandes dimensions s'étaient formées;

6° La présence de faibles quantités de radicaux négatifs polyvalents, de PO^4 et AsO^4 surtout, gêne le processus d'hydrolyse irréversible. Ce n'est pas que les molécules d'hydrate ne peuvent se former; mais leur groupement en *ions complexes* ne peut avoir lieu;

7° En additionnant ces solutions de NaCl, l'hydrolyse est activée ou entravée selon la proportion dans laquelle les deux chlorures se trouvent en présence. Les ions Cl de NaCl peuvent faire diminuer l'état de dissociation de HCl et, partant, son activité; alors, la marche de l'hydrolyse est plus rapide, à moins que la dissociabilité de $FeCl^3$ à son tour ne soit affectée, car dans ce cas le processus d'hydrolyse est entravé;

8° En ajoutant de faibles quantités d'une base, AzH^4OH par exemple, qui neutralise une portion de HCl, l'hydrolyse est activée. Si la quantité de base est plus grande, le nombre d'ions Fe est diminué à son tour et l'hydrolyse devient plus lente;

9° Des dosages faits comparativement sur la liqueur entière et sur la liqueur débarrassée par filtration du colloïde nous ont permis d'établir la teneur en Fe et Cl des micelles, telles qu'elles existent dans les liqueurs très stables. Nous avons ainsi montré que le colloïde a une composition extrêmement variable selon les conditions de température et de concentration des liqueurs où il a pris naissance. En général, plus les liqueurs sont diluées et plus les micelles sont pauvres en chlore.

Si l'on exprime la composition trouvée par les poids atomiques, on obtient dans la plupart des cas des chiffres fractionnaires. Cela ne peut être expliqué par des causes d'erreurs dans les dosages, mais plutôt par le fait qu'on est en présence d'une série de composés homologues. En effet, si, dans une même liqueur restée longtemps en repos ou après une centrifugation très violente, on analyse le colloïde de la portion supérieure et séparément celui de la portion inférieure, on trouve une composition sensiblement différente;

10° Nous avons encore montré que tout changement dans l'état de la liqueur amène un changement dans la composition du colloïde. Des échanges ont lieu continuellement entre les micelles et leur milieu, qui se traduisent par des changements dans la teneur en Cl et dans les propriétés du colloïde. Il n'est pas juste de considérer les liqueurs colloïdales moins conductrices comme les plus pures;

11° Les propriétés des différents colloïdes ne peuvent pas être expliquées seulement par des différences dans le rapport de Fe et Cl; il faut évidemment faire intervenir des notions structurales;

12° Un même colloïde peut avoir, étant précipité, la même composition qu'il possède à l'état dissous. Le même colloïde peut s'enrichir ou s'appauvrir en Cl selon la proportion de HCl qu'on fait agir sur lui.

Si l'on tient compte de tous les phénomènes, la seule hypothèse qui apparaît nécessaire et suffisante est celle qui rattache l'origine de la matière colloïdale à celle de la formation d'ions complexes.

Je pense donc que les faits relatifs aux colloïdes hydro-oxy-chloro-ferriques, que nous venons de suivre dès leur apparition et dans leurs transformations successives, peuvent être envisagés de la façon suivante : Les molécules d'hydrate se formant au sein d'une solution de perchlorure devraient s'en séparer, étant insolubles; mais des ions sont présents dans la même liqueur, qui sont capables de s'associer à ces molécules d'hydrate pour former des ions complexes. Ces colloïdes seraient des composés doubles, variables selon le nombre de molécules d'hydrate et selon la nature et l'état de l'électrolyte constituant.

L'on peut prévoir tous les composés représentés par les formules suivantes :

$$\left[(FeO_3H_3)_nFe\right]\begin{matrix}Cl\\Cl\\Cl\end{matrix};\qquad \left[(FeO_3H_3)_nFeCl\right]\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix};$$

$$\left[(FeO_3H_3)_nFeCl^2\right]Cl;\qquad \left[(FeO_3H_3)_nFeOH\right]\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix};$$

$$\left[(FeO_3H_3)_nFeO_3H_3\right]Cl;\qquad \left[(FeO_3H_3)_nH\right]Cl;$$

$$\left[\left[(FeOH_3)_nFeCl_3\right]_mH\right]Cl,$$

se présentant sous forme de corps nettement distincts.

Aux valeurs les plus faibles de n correspondraient des ions complexes dont les propriétés doivent être en tout comparables aux autres ions complexes connus de matières non colloïdales. Ces groupements de faibles dimensions doivent échapper à nos moyens d'investigation.

Aux valeurs de n plus élevées, correspondraient des ions complexes de masse et de volume considérables, de sorte que leurs propriétés s'éloignent de celles que l'on est habitué à prendre en considération dans le cas des ions ordinaires: ils sont optiquement actifs, et leur mobilité s'approche de celle des particules inertes. Ces composés, soit par dialyse, soit par lavages, et même par dilution,

Digitized by Google

perdent une part de leur chlore; cet élément est remplacé par l'oxhydrile par suite d'hydrolyse. Les micelles s'appauvrissant en chlore perdent leur stabilité, car, l'oxhydrile n'étant pas dissociable, les charges disparaissent; elles peuvent se grouper avec d'autres renfermant encore du chlore. Des micelles de plus en plus lourdes, et dont la stabilité est de plus en plus précaire, se forment et finissent par sédimenter.

Le processus inverse peut avoir lieu lorsque l'on ajoute de l'acide chlorhydrique ou du perchlorure ferrique.

Dans le cas où la liqueur contient une quantité trop grande d'acide chlorhydrique, ou d'autres chlorures, les micelles ne pourraient pas rester dissociées et, les charges électriques disparues, elles se sépareraient de la liqueur en coagulant.

Les ions négatifs polyvalents, tels les radicaux sulfuriques ou phosphoriques, remplacent le chlore auprès de la micelle, comme J. Duclaux l'a montré, et les sulfates et phosphates ferriques étant peu ou pas dissociables, les micelles perdent leur stabilité, et le colloïde est coagulé.

Voilà comment une même matière, constituée dans sa plus grande partie d'hydrate ferrique, peut manifester une réaction acide. Elle est précipitée par des quantités massives d'acide chlorhydrique ou des chlorures alcalins, par de petites quantités d'acide sulfurique ou de sulfates, et des traces d'acide phosphorique ou de phosphates, ainsi que par des bases, comme l'ammoniaque ou la soude. Ces faits, d'apparence paradoxale, s'expliquent dans notre conception d'une manière satisfaisante.

Je compte donner un exposé détaillé de l'étude chimique de ces colloïdes, et je me réserve d'examiner la portée générale de ces conclusions.

IX. — Définition de l'état micellaire.

On a voulu définir les colloïdes par leurs propriétés physiques. Or, nous avons vu que ces matières ne diffèrent essentiellement en rien des autres non colloïdales. Une distinction établie sur un degré donné dans les propriétés physiques, celles-ci étant variables d'une manière continue, est arbitraire et forcément précaire. Il ne s'agit pas d'élever une barrière qui puisse séparer ces corps des autres déjà connus; mais, bien mieux, il faut chercher la place des colloïdes dans la complexité des aspects de la matière.

Il y a des phénomènes dans les matières à l'état gazeux qui présentent une analogie frappante avec ceux des colloïdes. La formation et les propriétés des brouillards et des fumées ont été expliquées récemment en admettant l'existence d'association de molécules avec des ions, ce qu'on appelle les ions gazeux. Il faut nous astreindre ici à prendre en considération l'état micellaire dans la matière dissoute. Aucune confusion n'est possible, ni théoriquement, ni expérimentalement, entre les micelles et les molécules non électrolytes. Parmi les corps électrolytiquement dissociables, les composés unimoléculaires s'écartent aussi parce que leur mode de divisibilité est plus simple. Les composés doubles peuvent être formés soit aux dépens de deux molécules solubles, soit de deux molécules, dont une plus ou moins insoluble, prise isolément, et une autre non seulement soluble, mais dissociable.

Les colloïdes, en général, et celui d'hydrate ferrique, en particulier, se rapprochent de cette dernière catégorie. Chez eux, une des molécules composantes est parfaitement insoluble dans l'eau pure et l'autre est un électrolyte éminemment dissociable.

Le lien qui retient ensemble les deux systèmes moléculaires dans la plupart des composés doubles est labile; il doit être beaucoup plus stable dans le cas des colloïdes.

La proportion des molécules insolubles qui peuvent s'unir avec une ou plusieurs molécules dissociables est toujours limitée dans le cas des composés doubles non colloïdaux. L'état micellaire présuppose qu'une proportion des molécules insolubles, variable dans des limites plus larges, peut s'associer à une seule molécule d'électrolyte.

Nous pouvons donc définir l'état micellaire comme celui de composés doubles, formés d'un nombre variable, qui peut être très grand, de molécules insolubles, associées d'une manière suffisamment stable avec une molécule d'électrolyte.

Giovanni Malfitano,
Attaché à l'Institut Pasteur de Paris.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Henry (Charles), *Professeur à l'Ecole des Hautes Etudes.* — **La Loi des petits nombres : Recherches sur le sens de l'écart probable dans les chances simples, à la roulette, au trente-et-quarante, etc., en général dans les phénomènes dépendant de causes purement accidentelles.** — 1 *vol. in-8°.* (*Prix : 4 fr.*). *Laboratoire d'Energétique d'Ernest Solvay. Paris*, 13, *rue des Minimes.* 1908.

Est-il possible de prévoir une loi de séquence plus ou moins fragmentaire, dans les phénomènes fortuits, comme les arrivées de la rouge et de la noire à la roulette?

Le Calcul des probabilités indique bien que, dans une série d'événements indéfiniment prolongée, l'action des causes régulières et constantes doit l'emporter à la longue sur celle des causes irrégulières. En d'autres termes, on savait déjà que les arrivées des événements se conforment à la loi des *grands* nombres. M. Henry se demande si, par contre, il existe une loi des *petits* nombres.

Pour lui, les causes déterminantes de l'arrivée de la rouge ou de la noire relèvent de *l'énergétisme universel.* Voyant, avec Ernest Solvay, dans l'énergie le postulat indispensable du raisonnement et de l'expérimentation, il y rattache ces phénomènes fugaces et complexes dont les théorèmes de probabilités, applicables seulement à la limite, ne sauraient régir l'évolution qui s'accomplit dans un temps fini.

Un phénomène fortuit, dit-il, est toujours une *sensation remarquable* ou un complexe de sensations remarquables, agréables ou non, exprimable par des nombres entiers qui, la Psycho-physique nous l'apprend, représentent des accroissements relatifs d'énergie.

Une fois ce principe admis, nous procéderons par analogie et la Psycho-physique guidera nos pas à travers ce dédale.

Si on examine au microscope les mouvements browniens, autrement dit, les vibrations que présentent de très petites particules solides en suspension dans un fluide, on est surpris de les voir s'agiter sans direction et sans loi apparente. On considère ces actions comme fortuites, mais on sait calculer les rapports de vibrations et d'amplitudes qui constituent aussi, pour employer le langage énergétique, des *sensations remarquables.*

Alors nous nous trouvons en présence de deux classes de sensations remarquables, fonctions l'une de l'autre, les premières se rapportant aux phénomènes fortuits, les secondes à des rapports de nombres de vibrations.

L'indétermination absolue cesse dès ce moment. On pourra établir *a priori* des lois d'évolution de nombres de vibrations et d'amplitudes, calculer des successions théoriques de signes d'écart et les comparer avec l'expérience, ou, en d'autres termes, observer le début des séries durant un certain nombre de coups.

L'avenir dira si la pratique justifie les vues théoriques de M. Ch. Henry. Les vérifications expérimentales qu'il a tentées semblent montrer que, pour des systèmes fortuits, réalisant certaines conditions initiales, il est possible de deviner le signe de l'écart probable au bout de peu d'épreuves.

Quoi qu'il en soit, l'éminent directeur du Laboratoire de physiologie des sensations à la Sorbonne vient d'amorcer une méthode de recherches scientifiques du plus haut intérêt. JACQUES BOYER.

Challéat (J.), *Capitaine d'Artillerie.* — **Mécanique des Affûts.** — 1 *vol. in-18 de 400 pages de l'Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse.* (*Prix : 5 fr.*). *Octave Doin, éditeur. Paris*, 1908.

L'ouvrage du Capitaine Challéat a presque exclusivement trait aux principes d'organisation des affûts de l'artillerie de campagne; le titre de son livre est donc un peu plus général que le cadre des matières qui y sont traitées. Cette réserve faite, il convient de louer la compétence toute spéciale dont l'auteur y a fait preuve. Son travail comble une réelle lacune dans la bibliographie technique relative à l'Artillerie. Les documents concernant les affûts sont, en effet, publiés presque exclusivement, soit dans les cours des Ecoles militaires, soit dans les revues techniques spéciales, dont une partie, éditée par l'Etat (Mémorial de l'Artillerie navale), n'est pas à la disposition du public.

Après un rappel concis des notions de Mécanique rationnelle indispensables pour l'étude qui va suivre, l'auteur expose le mode d'établissement des formules semi-empiriques de Balistique intérieure dues au Capitaine Leduc; ces formules, dont le maniement, très commode dans la pratique, se concilie avec une exactitude suffisante, seront seules employées ultérieurement.

Le chapitre II est consacré à l'étude des affûts rigides pourvus ou non de bêche, de crosse, et à celle de leurs conditions de stabilité au tir.

Le chapitre III traite de la théorie des freins hydrauliques à effort constant et des moyens employés dans la pratique pour réaliser ces organes.

Le chapitre IV est afférent à l'étude théorique et pratique des récupérateurs à ressort et à air comprimé. Après une discussion approfondie de la question, l'auteur, avec raison, conclut en faveur de la supériorité de ces derniers.

Les problèmes relatifs aux affûts de campagne à frein élastique placé entre le canon et l'affût sont discutés dans le chapitre V.

Le chapitre VI traite de l'organisation des freins récupérateurs à effort total constant ou variable suivant une loi simple.

L'étude de ces systèmes et celle des conditions de stabilité de l'affût pendant le retour en batterie sont abordées dans le chapitre suivant.

L'ouvrage se termine par une étude des conditions d'établissement des affûts à lien élastique et à bêche de crosse pour canons courts, c'est-à-dire pour des bouches à feu destinées à tirer à basse pression et sous des angles compris entre 10° et 40°.

La clarté de l'exposition, les nombreuses applications numériques faites au cours de l'ouvrage rendent la possession de ce volume indispensable à tout ingénieur s'occupant de questions d'artillerie.

* * *

Berthier (A.), *ingénieur.* — **Les nouvelles Machines thermiques** (MOTEURS ROTATIFS ET TURBINES A VAPEUR ET A GAZ). — 1 *vol. in-8°, de 324 pages, avec 152 figures. H. Desforges, éditeur. Paris*, 1908.

La commande des génératrices d'électricité a conduit à des vitesses de rotation élevées, que les machines à piston ne donnaient pas facilement, et l'on est revenu aux moteurs rotatifs, inventés par Héron deux mille ans avant Watt, étudiés de nouveau par celui-ci, développés par Uhler, Behrens, Hult, Filtz, etc., et détrônés par les turbines à vapeur, dont le merveilleux essor est un des faits considérables de la Mécanique

Digitized by Google

moderne. M. Berthier s'est donné la tâche de résumer l'histoire de cette remarquable évolution, en décrivant avec soin les types principaux qui ont marqué les étapes de la construction; son livre, très supérieur à certains ouvrages de vulgarisation qui l'ont précédé, est extrêmement complet; les moteurs rotatifs à vapeur et à pétrole sont décrits dans la première partie, les turbines à vapeur dans la seconde; une troisième partie est consacrée aux turbines à gaz, et la quatrième aux turbines à gaz facilement liquéfiables: éther, alcool, benzine, acide carbonique, gaz ammoniac et acide sulfureux. Près de 80 machines sont présentées au lecteur, dans un ordre rationnel, et, si les figures qui illustrent l'ouvrage étaient dessinées à une échelle plus grande, on pourrait se rendre compte de tous les détails caractéristiques de leur construction; quelques coupes sont malheureusement un peu trop condensées.

Une introduction théorique a été donnée au chapitre des turbines, d'après Ch. Stodola, dont M. Berthier a fort habilement résumé le savant et volumineux traité : en turbines à gaz, l'auteur s'est surtout inspiré des études de M. Sekutowicz et de la discussion que cet ingénieur a provoquée parmi ses collègues, les Ingénieurs civils de France; les conclusions de M. Berthier sont un peu optimistes et nous n'admettons pas, aussi facilement que lui, que « la turbine à gaz trouve la voie toute tracée et que son développement sera rapide et très vraisemblablement sans grands heurts ».

Parmi les moteurs à gaz liquéfiables, une mention spéciale est faite du moteur athermique de M. Léo Dex, qui a pour objet d'utiliser le calorique de l'atmosphère ambiante.

Ce rapide exposé suffira pour démontrer que le livre de M. Berthier renferme, sous un faible volume, de nombreux et excellents éléments d'information, qui donnent à cet ouvrage un grand intérêt.

Aimé Witz,
Membre correspondant de l'Institut,
Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille

2° Sciences physiques

Poincaré (Lucien), *Inspecteur général de l'Instruction publique.* — **La Physique moderne, son évolution.** — *1 vol. in- 8° de 312 pages (Bibliothèque de Philosophie scientifique). Ernest Flammarion, éditeur, Paris.*

En 1900, la Société française de Physique provoquait la réunion d'un Congrès international de physiciens, et les deux Secrétaires généraux du Congrès publiaient, en trois volumes, une collection de Rapports dont la réunion leur avait coûté deux ans de sollicitations, de lectures, de retouches, nécessaires pour donner quelque homogénéité à la synthèse d'éléments d'origine aussi diverse. Un pareil labeur, en donnant naissance à un recueil sans égal, qui mérite toute la reconnaissance des physiciens, fournissait en même temps aux Secrétaires généraux l'occasion de faire ce que nous avons tous rêvé et d'embrasser du regard l'ensemble formidable de la Physique moderne.

En redescendant du sommet atteint au prix de tant d'efforts, pendant que M. Ch.-Ed. Guillaume consacrait surtout son activité aux recherches de haute précision qui l'ont conduit en particulier, comme le savent les lecteurs de la *Revue*, à des conclusions si intéressantes sur les bases du Système métrique, M. L. Poincaré nous offrait une description de l'immense panorama qu'il a contemplé. « Ce livre m'a appris quelque chose », me disait un des jeunes maîtres les plus brillants de l'Université, parole qui me dispensera d'insister sur la richesse et la variété des matériaux qui constituent le fond de l'ouvrage.

Richesse qui ne sent point le faste et variété qui n'exclut pas l'harmonie. En s'adressant à un public éclairé, mais non spécialisé, M. L. Poincaré, sans l'éblouir ni le fatiguer, l'amène progressivement de la mesure des longueurs (où le profane est d'ailleurs initié à des choses aussi nouvelles pour lui et aussi délicates que la méthode de Michelson et autres procédés optiques) à un chapitre final sur les relations de l'éther et de la matière.

L'ouvrage débute par un chapitre sur l'évolution de la Physique. Evolution, non révolution, contrairement à ce que seraient tentés de croire bien des gens à qui M. L. Poincaré rappelle fort opportunément qu'il y a déjà eu des temps aussi fertiles en miracles, notamment au début du dernier siècle. Il prend même le soin de nous prévenir qu'un caprice de la mode est peut-être la cause qui fait qu'une partie si considérable de son livre a dû être consacrée aux radiations nouvelles, dont l'étude passionne un peu trop exclusivement beaucoup d'esprits.

L'évolution se produit aussi dans les idées générales, dans les conceptions d'ensemble qui relèvent plus ou moins de la Métaphysique. M. L. Poincaré note le mouvement qui a amené les physiciens à perdre leur confiance dans la possibilité aussi bien que dans l'utilité des explications mécaniques, confiance que Jamin traduisait par une de ces prophéties, trop souvent malheureuses, dont il était coutumier : « La Physique sera un jour un chapitre de la Mécanique générale ». Cette opinion, dont lord Kelvin est resté jusqu'à sa mort l'apôtre éloquent, a, chez bien des esprits prudents, fait place à l'idée qu'il faut se borner à étudier les faits sans chercher à les expliquer. Il y a une quinzaine d'années, la plupart des physiciens français restaient dans un juste milieu, et, quoique s'en tenant moins étroitement à l'expérience, ne croyaient cependant pas qu'il y eût intérêt à réunir les faits observés autrement que par l'énoncé de principes très généraux. Cependant, fait curieux, l'évolution des doctrines mécaniques a conduit à une conséquence en contradiction avec le principe dont elles étaient issues : si l'on ne cherche plus à expliquer l'invisible par les propriétés du visible, on n'a pas pour cela, bien au contraire, renoncé à construire une image de cet invisible et l'on s'efforce d'y parvenir au moyen de l'Atomisme. Les lecteurs de la *Revue* se rappellent qu'elle a enregistré un des épisodes de la lutte de l'Atomisme contre l'Energétique, incident que M. Brillouin a si bien clos par cette parole : « Pour la liberté et pour la matière ». M. L. Poincaré, qui est pour la liberté (il n'est pas besoin de le dire, et l'on verra suffisamment qu'il a eu grand soin de laisser *sub judice* beaucoup de questions délicates), est aussi pour la matière, et ce n'est pas une des moindres originalités de son livre, du moins aux yeux des Français de notre âge, que le rapprochement dans un même chapitre, intitulé : *les Principes*, de divisions consacrées au principe de Carnot-Clausius et à l'Atomisme.

La matière sous ses divers états, les solutions et la dissociation électrolytique continuent à nous occuper jusqu'à ce que nous passions à l'éther lumineux et électromagnétique, aux rayons X et aux relations de l'éther et de la gravitation[1]. M. L. Poincaré nous présente alors, en un chapitre dont la facile lecture apportera au lecteur un agréable délassement au milieu de l'ouvrage, des détails curieux sur l'historique de la télégraphie sans fil. Serrant de près l'évolution d'une idée qui a eu un développement si soudain et si saisissant, M. L. Poincaré nous fait sentir toute la difficulté qu'il y a à écrire l'histoire d'une découverte.

La conductibilité des gaz, les ions, les rayons cathodiques, les corps radio-actifs, les vues nouvelles sur la constitution de l'éther et de la matière, questions que M. Poincaré expose sous l'état qu'elles présentaient, non plus en 1900, mais hier, occupent trois chapitres et nous amènent aux conclusions de l'auteur sur l'avenir de la Physique.

[1] A ceux qui s'intéressent aux questions de méthode dans la science, il faut signaler tout particulièrement les pages, vraiment remarquables pour leur modération et le respect mérité témoigné par l'auteur à un savant illustre, que M. L. Poincaré consacre aux rayons N.

Digitized by Google

La prudence de M. L. Poincaré ne peut l'empêcher de constater que les cadres de la Physique classique éclatent de toutes parts, et les leçons du passé lui permettent de prévoir un peu de l'avenir. On continuera certainement à poursuivre cet idéal — ou cette chimère — de l'explication générale de l'Univers; si l'on n'atteint jamais le but, l'illusion aura été du moins féconde et l'erreur bienfaisante. La théorie des ions et des électrons, qui permet de grouper les phénomènes des décharges électriques, de la radio-activité, de l'optique, de l'électricité, de la chaleur rayonnante, est destinée à rester longtemps en faveur. Mais il est certain qu'un jour elle devra faire place à une autre hypothèse, dont le succès, qui ne s'obtiendra pas sans combat, sera précisément l'œuvre de ceux qui auront travaillé en dehors de toute théorie et dans le seul but d'observer et de décrire les faits.

A la fin comme au début, comme au cours de nombreux chapitres, M. L. Poincaré nous parle ainsi de l'évolution de la Physique ou nous la décrit. L'ouvrage justifie bien son double titre et nous ne savons si nous devons être plus reconnaissants à l'auteur de son exposé exceptionnellement documenté de l'état actuel de la science ou des judicieuses réflexions qui éclairent les faits en montrant leur enchaînement.

C. Raveau.

Dupont (J.), **Freundler** (P.) et **Marquis** (R.). — **Manuel de Travaux pratiques de Chimie organique.** 2e *édition, revue et transformée par* MM. P. Freundler *et* R. Marquis, *avec une préface de* M. A. Haller. — 1 *vol. in*-8° *de* 370 *pages.* (*Prix cartonné* : 8 *fr.*) *Hachette et* Cie, *éditeurs. Paris*, 1908.

L'intervalle de dix années qui sépare la publication de la première[1] et de la deuxième édition de ce traité correspond à un développement considérable de la Chimie organique expérimentale ; aussi les auteurs ont-ils été conduits à modifier la forme primitive du manuel opératoire pour la rendre plus conforme aux besoins actuels du laboratoire.

La première partie, qui traite des méthodes générales d'extraction et de purification, de l'analyse et de la détermination des constantes physiques, a été simplement complétée par la description des conditions générales qui influent sur la marche d'une réaction et des procédés qui permettent de les réaliser.

La deuxième partie est, au contraire, complètement transformée. Au lieu de classer les opérations par fonctions, ce qui avait obligé les auteurs à décrire le mode d'obtention de composés peu intéressants, ils ont consacré chaque chapitre à l'étude d'une réaction déterminée : ainsi, ils ont énuméré successivement les principales méthodes de chloruration, de bromuration, de nitration, d'oxydation, de réduction, de condensation, etc. A la suite de cette partie générale, sont décrites un certain nombre de préparations comportant l'emploi des méthodes les plus importantes.

Sous sa nouvelle forme, ce manuel est bien adapté pour rendre service au futur chimiste, au chef de laboratoire et même à l'industriel.

3° Sciences naturelles

Gentil (Louis), *Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Itinéraires dans le Haut-Atlas marocain.** — 1 *broch. in*-8°, *extrait de La Géographie, XVIII*, 1908, *pages* 178-200, *pl. II* (*carte itinéraire en* 16 *couleurs à* 1/200.000).

Ce travail est certainement le plus important qui ait été publié jusqu'à présent sur la géologie du Maroc. En particulier, la carte d'itinéraires géologiques restera le document le plus précieux et en même temps le plus précis sur le Haut-Atlas. Il servira de base indispensable à toutes les recherches ultérieures.

Honoré d'une souscription du Ministère des Affaires étrangères, grâce à laquelle il a pu être publié, ce travail est, en effet, d'un intérêt considérable; au point de vue topographique, c'est la première fois que l'on publie une carte de tout l'Atlas occidental, donnant d'une façon aussi saisissante, au moyen de courbes de niveau figuratives, l'impression des divers modelés de cette région que peu de voyageurs ont entrevue. Au point de vue géologique, on a enfin des documents précis, montrant la disposition des différents terrains, leurs relations entre eux et les formes topographiques. Toutes ces données sont basées sur plusieurs catégories de renseignements également rigoureux, des croquis consignés sur les carnets de route de l'auteur, des photographies orientées, prises au cours du chemin et rigoureusement repérées sur les cheminements, des observations topographiques journalières de l'auteur, au cours de sa Mission de 1905.

Cette carte met en évidence toute une série de faits intéressants : les plis anticlinaux si curieux de l'extrémité orientale du Haut-Atlas, les grandes arêtes de calcaire jurassique du massif montagneux de l'Atlas oriental avec son axe de schistes à Graptolites et de roches volcaniques permotriasiques, enfin l'immense massif volcanique du Siroua à soubassement granitique, dont la découverte par M. Louis Gentil a été une révélation.

Un carton-annexe synthétise les idées personnelles de l'auteur sur l'orographie du Maroc. Il met bien en évidence la disposition tournante des dômes calcaires du Rif et de la Cordillère bétique et leur abaissement d'axe qui détermine le détroit de Gibraltar.

Le texte qui accompagne cette carte est d'un haut intérêt au point de vue géographique; mais nous croyons savoir que l'auteur réserve, pour les lecteurs de la *Revue générale des Sciences*, la synthèse de ses idées sur la géologie du Maroc, idées exposées l'an dernier dans des leçons au Collège de France et que, malgré d'incessants voyages au Maroc, il trouvera le temps de rédiger en les enrichissant des faits nouveaux que ses Missions de 1907 et de 1908 lui ont permis d'établir.

Paul Lemoine,
Docteur ès sciences.

Turot (Henri). — **En Amérique latine.** *Préface de* M. Pierre Baudin. — 1 *vol. gr. in*-8° *de* 360 *pages* (*avec gravures*). *Vuibert et Nony, éditeurs. Paris*, 1908.

Voyageur par tempérament, M. Henri Turot n'est pas un simple touriste curieux de la beauté superficielle des sites : il est de ceux qui, visitant un pays, savent en pénétrer, en observateurs sagaces, la vie intérieure, les institutions et les conditions politiques et économiques. C'est ce qui donne une valeur exceptionnelle à cette enquête sur le Brésil et l'Argentine. Son intérêt, et en même temps son grand mérite, comme le dit M. Pierre Baudin dans la préface, est que l'auteur y trace le tableau d'une terre admirablement préparée à nous recevoir et à nous prodiguer ses richesses.

Ces richesses, M. Turot nous les fait connaître lorsqu'il décrit les productions et la situation économique de l'un et de l'autre pays. Mais il ne sépare pas ces notions de tout ce qui peut nous en donner un tableau complet : géographie, histoire, littérature.

En ce qui concerne le Brésil, l'auteur donne des indications très précises et documentées de chiffres : sur le café, qui représente presque la moitié des exportations annuelles; le caoutchouc, qui est appelé à prendre un grand développement; la canne à sucre, qui peut être cultivée sur tout le sol du Brésil, les forêts qui en couvrent peut-être la moitié, le coton, le cacao, les mines. Pour l'Argentine, ce sont les richesses agricoles (blé, canne, vigne, etc.), et l'élevage, ainsi que les industries en dérivant, que l'auteur passe en revue.

L'état des relations franco-brésiliennes est l'objet d'un intéressant chapitre, où M. Turot montre quelle est notre influence morale au Brésil, expose les causes

[1] Voir la *Revue* du 28 février 1899, t. X, p. 165.

Digitized by Google

qui ont abaissé le chiffre de ses transactions avec la France et donne d'utiles indications sur la façon dont doivent être réglées nos relations économiques avec ce grand Etat. G. REGELSPERGER.

Froggatt (W. W.), *Entomologiste du Gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud, Membre de la Société entomologique de France.* — **Australian Insects.** — 1 *vol. in-8° de* 450 *pages avec* 180 *fig. et* 38 *planches, dont une en couleurs. W. Brooks et Cie, éditeurs. Sydney*, 1908.

Depuis l'année 1770, où Sir J. Banks captura le premier scarabée diamanté sur les côtes sablonneuses de Botany Bay, un grand nombre d'insectes australiens ont été décrits dans des publications anglaises ou étrangères, dont la plupart sont difficilement accessibles aux savants. M. Froggatt a été puiser à ces diverses sources et, en les combinant avec ses recherches personnelles, il a élaboré le volume qu'il publie aujourd'hui sur les insectes australiens.

L'auteur a adopté, avec quelques modifications, la classification de Sharp. Tous les insectes sont décrits à leur tour par ordres, familles, genres et espèces suivant cette classification. L'auteur a ajouté à ces descriptions quelques considérations sur la distribution des insectes australiens, leur recherche et leur conservation, et une bibliographie des principales publications sur le sujet.

4° Sciences médicales

Burnet (Dr Etienne). — **La lutte contre les microbes.** — 1 *vol. in-18.* (*Prix* : 3 *fr.* 50). *Librairie Armand Colin, Paris*, 1908.

Sous ce titre propagandiste, M. Etienne Burnet a rassemblé six études présentées avec une très claire intelligence de leur objet et concernant des grands types de maladies infectieuses. Il les a choisies, non au hasard, mais à dessein, pour montrer l'immense variété des problèmes qui sont ainsi naturellement posés. Ces maladies sont: le cancer, la tuberculose, le tétanos, la maladie du sommeil, l'entérite et la variole. Elles n'ont entre elles qu'un lien commun : leur caractère parasitaire. Et encore l'agent causal est-il inconnu pour les unes, comme la variole et le cancer ; ou de nature très différente pour les autres, comme la tuberculose et la maladie du sommeil. Mais, puisqu'on sait pertinemment que chacune d'elles a un principe extérieur à l'organisme, elles rentrent toutes dans la catégorie des maladies évitables ou, tout au moins, contre la propagation desquelles on peut efficacement lutter. C'est là le but général et utilitaire que l'auteur s'est proposé de placer devant l'esprit du lecteur. Il l'a fait d'une façon extrêmement attachante, visant de préférence les problèmes généraux, signalant les acquisitions définitives et les conquêtes futures.

Le cancer semble avoir pris ces dernières années une extension plus grande. Soit qu'on le reconnaisse avec plus de certitude, soit qu'en réalité il atteigne plus d'individus que dans le passé, le fait est que le chiffre des décès attribués au cancer dans les diverses statistiques s'élève de plus en plus, en Angleterre comme en France, en Prusse comme en Amérique. On signale des localités plus affectées que les autres, des villages à cancer, des maisons à cancer, où les habitants successifs, n'ayant entre eux aucun lien de parenté, meurent du cancer. D'où la notion de la contagiosité qui se substitue petit à petit à celle de l'hérédité. Bien des espèces animales sont susceptibles d'être atteintes : chien, chat, porc, cheval, bœuf, poule, poissons, etc. Le cobaye semble immun. La souris, surtout la souris blanche, y est très sujette. Le cancer frappe certains élevages, certaines cages, qu'il suffit quelquefois de déménager pour éteindre l'épidémie cancéreuse. Ces cancers inoculables en séries offrent plusieurs variétés. Ehrlich a pu, par des passages successifs, transformer une variété dans l'autre, faire que des cancers du type carcinome se fixent en un type sarcome d'une grande virulence.

Le microbe du cancer est inconnu. L'agent pathogène semble faire corps avec la cellule même. Le cancer ne s'inocule pas en réalité : il se greffe, il se transplante. Cette transplantation s'observe chaque jour sur des malades atteints : la généralisation cancéreuse en est l'évidente manifestation. La valeur de la contagion, de l'hérédité, des prédispositions diathésiques, le rôle de la cellule, etc., tous ces points sont exposés et discutés par M. Burnet. Des notions d'ensemble que nous possédons aujourd'hui, il tire la conclusion pratique : ne pas bâtir les maisons dans l'eau, éviter l'humidité persistante, éloigner le fumier de l'habitation, ne manger les légumes que cuits.

La tuberculose ne s'est jusqu'ici laissé vaincre par aucun des procédés habituels de sérothérapie ou de vaccination. Malgré tous les essais, on n'a pu obtenir un sérum antituberculeux. Le bel article de M. Burnet expose tous les efforts qui ont été faits pour aboutir à une méthode de vaccination. Il résume l'étude de la tuberculine ; il montre certaines des raisons de la résistance qu'offre le bacille de Koch aux actes organiques, et entre autres. la richesse de ce microbe en matières grasses. Il étudie la question si discutée de l'unicité du germe tuberculeux, les variétés que le bacille présente chez les Mammifères, les Oiseaux et les Poissons et Batraciens. Il entre dans la discussion soulevée par Koch des différences entre la tuberculose humaine et la tuberculose bovine, qui auraient de si grandes conséquences économiques. Il relate à grands traits les expériences faites avec le bovo-vaccin de Behring et leurs résultats aléatoires. La façon dont le bacille tuberculeux entre dans l'organisme a été diversement appréciée. On a longtemps donné le rôle le plus important à l'inhalation, qui reste encore un mode d'infection bien réel ; mais Behring a remis en relief la part de l'ingestion. Et les travaux récents de Calmette, de Van Steenberghe et Grysez l'ont encore exaltée. De là est né l'espoir encore incertain d'une vaccination antituberculeuse par ingestion. Calmette espère que des prises successives de bacilles mêlés aux aliments, en ayant soin de tenir les sujets humains ou animaux à l'abri de réinfections successives, pourront peut-être assurer une immunité relative dans l'avenir.

Ce serait allonger sans profit cette analyse — le vrai profit est de lire l'ouvrage même — que de nommer ce que M. Etienne Burnet dit des autres maladies visées. Les deux exemples précédents suffisent à résumer ce que l'auteur a mis dans ses articles si instructifs et qui sont, à n'en pas douter, des modèles de haute vulgarisation scientifique. Dr A. LÉTIENNE.

5° Sciences diverses

Dumontpallier (Louis), *Président de la Commission des Services extérieurs de l'Automobile-Club de France.* — **Annuaire de Route de l'A. C. F.** — 1 *vol. de* 800 *pages.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *L'Automobile-Club de France, éditeur. Paris*, 1908.

Toutes les personnes qui s'intéressent à l'automobile trouveront, dans le nouvel Annuaire de Route de l'A. C. F., augmenté de 70 pages, de nombreux renseignements complémentaires et inédits, en plus des 150 nouveaux plans schématiques de villes.

L'Annuaire de 1908 comprend notamment : les adresses des ravitaillements de toute sorte en France et à l'Etranger ; un grand nombre d'itinéraires français et européens ; enfin des notes sur l'organisation générale des Centres de Tourisme automobiles avec une première série des schémas en couleurs et la description sommaire des zones qui sont actuellement en voie de fonctionnement.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 6 Juillet 1908.

M. Emile Picard est élu vice-président en remplacement de M. Bouchard, qui devient de droit président, par suite de la nomination de M. H. Becquerel aux fonctions de Secrétaire perpétuel. — **M. G. E. Hale** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — **M. A. Myller** communique ses recherches sur un problème relatif à la théorie des équations aux dérivées partielles du type hyperbolique. — **M. Jacob** a modifié son intégromètre à lame coupante, qui intègre maintenant l'équation générale $y' = Ay^2 + By^2 + Cy + D$, quelles que soient les fonctions A, B, C, D. — **M. R. Soreau** montre que, lorsqu'on voudra emporter des charges notables avec les aéroplanes actuels, il faudra recourir moins à leur amplification qu'à leur renforcement, en vue de les armer progressivement pour des vitesses croissantes. — **M. J. Boussinesq** rappelle que l'Astronomie, malgré son ancienneté, ne peut encore se passer d'hypothèses très simples, sans doute, mais nullement évidentes, ni démontrées en toute rigueur, comme la circularité et l'uniformité des mouvements planétaires. — **M. Ch. André** adresse les observations de l'éclipse de Soleil du 28 juin faites à l'Observatoire de Lyon. — **MM. Bruck, P. Chofardet** et **Pernet** envoient leurs observations de la même éclipse faites à l'Observaloire de Besançon, et **M. H. Bourget** celles qui ont été exécutées à l'Observatoire de Marseille. — **M. Ch. Nordmann** a constaté que les étoiles variables semblent être le siège de certains phénomènes, non encore signalés, qui tendent à décaler les époques des points tropiques de leurs courbes de lumière relatives à diverses régions du spectre. La méthode des images monochromatiques permet de séparer ces effets de ceux de la dispersion dans le vide. — **M. E. Esclangon** a observé, le 1er juillet, à Bordeaux, un crépuscule d'une durée tout à fait anormale; ce phénomène serait dû à la présence de nuages invisibles dans les régions élevées de l'atmosphère.

2° Sciences physiques. — **M. C. Tissot** a constitué des détecteurs très sensibles d'oscillations électriques en faisant reposer l'un sur l'autre, par une arête vive ou une pointe, des corps de pouvoirs thermo-électriques différents. — **M. A. Blanc** a reconnu que la mobilité dans l'air d'un ion produit dans CO^2 est très exactement la même que si cet ion avait été produit directement dans l'air; cela est vrai pour les ions des deux signes. — **M. R. Jouaust** conseille, dans les mesures de précision, d'éviter l'emploi des éléments au cadmium avec amalgame à 10 %, car leur f. é. m. présente des variations anormales avec la température. — **M. E. Rothé** a étudié les franges d'interférence qu'on observe lorsqu'on regarde par réflexion, du côté du verre, les dépôts d'argent obtenus par les ondes stationnaires. — **M. D. Gernez** a reconnu, par des expériences faites sur les racémates métalliques et les racémates de bases organiques, qu'il n'y a pas de relation générale de cause à effet entre la triboluminescence des corps et leur constitution dissymétrique ou symétrique. — **M. A. Guillet** décrit un autobalistique répétiteur à torsion, s'adaptant spécialement à l'étude des phénomènes dans lesquels intervient un amortissement. — **M. C. Limb** a réalisé des machines dynamo-électriques génératrices sans collecteur en utilisant les soupapes électrolytiques. — **MM. C. E. Guye** et **A. Bron** ont observé que, pour que l'arc alternatif puisse se rétablir à chaque alternance, il faut que la différence de potentiel qui précède immédiatement l'allumage atteigne une valeur d'autant plus grande que le poids atomique du métal-électrode est lui-même plus grand. — **MM. A. Cotton** et **H. Mouton** ont vérifié le fait que, dans un champ magnétique, l'orientation d'un fragment cristallin ne dépend pas du milieu qui l'entoure. — **M. Ed. Guillaume** a constaté qu'un fil métallique parfaitement propre, tordu au sein d'un électrolyte qui ne l'attaque pas, ne donne aucun phénomène électrique; si le métal est altérable, on peut obtenir par la torsion une f. é. m. instantanée, dont la grandeur et le signe sont donnés par les règles de l'osmose électrique de J. Perrin. — **M. J. Perrin** montre que, par les expériences précédentes, le phénomène de Bose peut être rattaché à l'électrisation de contact. — **M. P. Pascal** a reconnu que, dans les sels complexes de fer, la dégradation des propriétés chimiques du fer, au point de vue analytique, s'accompagne d'une dégradation parallèle de ses propriétés d'élément magnétique. — **M. Latschenko** a déterminé les variations de la chaleur d'échauffement de la barytine, de la withérite et de la chaux fondue à haute température. Les deux dernières subissent un changement moléculaire, l'une à 800°, l'autre à 410°. — **M. M. Ménard** a observé qu'avec un même bain de développement on peut, en radiographie, modifier la venue des détails anatomiques visibles et même en supprimer un certain nombre en poussant plus ou moins le développement du cliché. — **M. V. Henri** a constaté que les mouvements browniens sont ralentis par l'addition d'un coagulant avant le phénomène de la coagulation. En présence d'alcali, ils sont deux fois plus lents, et en présence d'acide neuf fois plus faibles que dans l'eau distillée. — **MM. E. Defacqz** et **H. Copaux**, par l'action de la vapeur de Hg sur la vapeur d'iodure titanique, dans une atmosphère d'H, ont obtenu au rouge sombre de l'iodure titaneux, TiI^2. — **MM. L. Vignon** et **Evieux** ont observé que l'acide picrique se combine avec énergie aux bases aromatiques en solution benzénique et ont mesuré les chaleurs de neutralisation. — **MM. P. Sabatier** et **A. Mailhe**, en faisant réagir à 400° les alcools primaires sur les oxydes métalliques réductibles, ont obtenu de l'eau et de l'aldéhyde, qui s'oxyde partiellement en acide, puis en CO^2. En même temps, le métal réduit agit catalytiquement sur l'alcool avec déshydrogénation. — **M. M. Guerbet**, en chauffant le bornéol avec KOH à 250°-280° en tube scellé, a obtenu un mélange d'acides campholique et isocampholique. — **M. A. Wahl**, en faisant réagir le sodium sur le benzoate d'éthyle, a obtenu : de l'acétylacétate d'éthyle, de la benzoïne et du benzoylacétate d'éthyle. — **M. C. Tanret** a trouvé dans le seigle ergoté, à côté de l'ergostérine, un corps voisin qu'il nomme *fongistérine*. Il possède la formule $C^{29}H^{40}O.H^2O$; F. 144°; $[\alpha]_D = -22°,4$ dans le chloroforme. — **MM. A. Trillat** et **Sauton** ont reconnu que l'aldéhydification de l'alcool est maximum en présence de levure vivante. Le phénomène diminue considérablement quand la levure est tuée par la chaleur ou les antiseptiques.

3° Sciences naturelles. — **MM. A. Chantemesse** et **Pomès** montrent le rôle des chalands fluviaux dans la propagation des maladies contagieuses et demandent qu'une surveillance médicale soit organisée sur ces bateaux. — **MM. Moussu** et **Goupil** estiment que, par le procédé des bacilles chlorés, on peut obtenir chez les petits animaux, au point de vue immunisation contre la tuberculose expérimentale, au moins autant qu'avec les procédés de vaccination connus. — **M. P.**

Digitized by Google

Wintrebert a reconnu que la première circulation vitelline du *Carassius auratus* est entièrement veineuse ; mais ensuite, comme tous les autres Vertébrés, cet animal possède une circulation vitelline secondaire d'origine artérielle. — **M. L. Bruntz** montre que la bordure en brosse de la cellule rénale est une formation contingente ; les bâtonnets jouent un rôle mécanique passif de formation de soutien. — **M. L. Martin** a observé chez les *Convoluta roscoffensis* un trouble de la mémoire des marées en faisant agir sur elles les courants électriques. — **M. H. Coupin** a constaté que la présence de vapeurs d'acide formique a pour conséquence de troubler la végétation du *Rhizopus nigricans* en agissant surtout sur l'appareil reproducteur, qui peut même disparaître sans que le mycélium soit tué. — **M. E. Chaput** a trouvé une terrasse très régulière d'alluvions quaternaires, sur les plateaux dominant l'Allier ou la Loire, à 55-60 mètres au-dessus du thalweg.

Séance du 13 Juillet 1908.

M. Douvillé lit une notice sur **A. Peron**, Correspondant de l'Académie, décédé le 2 juillet.

1° Sciences mathématiques. — **M. Edm. Maillet** présente ses recherches sur certains systèmes d'équations différentielles. — **M. A. Denjoy** a recherché les relations entre l'ordre de grandeur et la croissance de la suite des zéros pour un produit canonique de genre infini. — **M. J. Boussinesq** donne une démonstration analytique de la double hypothèse de la fermeture de l'orbite et de la périodicité de la vitesse en ses divers points pour le Soleil dans sa translation apparente autour de la Terre. — **M. P. Puiseux** montre que la région arctique lunaire offre les seuls exemplaires distincts du mode régulier de déformation d'une croûte mince, mode prédominant autrefois sur la Lune entière, mais aujourd'hui oblitéré presque partout par les éruptions volcaniques et les grands affaissements circulaires. — **MM. Cirera, R. Jonckheere** et **F. Courty** communiquent leurs observations de l'éclipse partielle de Soleil du 28 juin 1908, faites respectivement aux Observatoires de l'Ebre (Espagne), de Strasbourg et de Bordeaux.

2° Sciences physiques. — **M. J. Becquerel** : Sur les électrons positifs (voir p. 598). — **M. J. Duclaux** émet l'hypothèse qu'un ion exerce la même pression osmotique, qu'il soit libre ou bien fasse partie de la couche extérieure d'une micelle (celle-ci étant formée d'un granule et d'un revêtement extérieur d'ions). — **M. L. Arzalier** montre que l'existence du composé $SO^4K^2.3/4SO^4H^2$ n'est pas prouvée thermiquement. Il ne se forme qu'à l'état hydraté en présence de l'eau, grâce à la chaleur d'hydratation. Il paraît impossible *a priori* qu'un composé plus acide que $SO^4K^2.3SO^4H^2$ puisse exister. — **MM. P. Sabatier** et **A. Mailhe** ont étudié l'action catalytique des oxydes métalliques irréductibles sur les alcools primaires au-dessous de 360°. Il y a soit déshydratation (Al^2O^3,Th^2O^3), soit déshydrogénation (MnO), soit les deux réactions simultanément (Cr^2O^3,SiO^2,TiO^2, ZnO,Mo^2O^5, etc.). — **M. L. J. Simon**, par l'action du pyruvate d'éthyle sur la *p*-toluidine, a obtenu des dérivés cétopyrrolidoniques. — **M. A. Valeur** a reconnu que, lorsqu'on chauffe à l'ébullition une solution d'α-méthylspartéine dans H^2SO^4 étendu, le sulfate d'α-méthylspartéine s'isomérise en sulfométhylate d'isospartéine. — **MM. P. Dutoit** et **M. Duboux** montrent qu'une seule opération, la neutralisation fractionnée, suivie par des mesures de conductivité électrique, permet de déterminer simultanément les sulfates, l'acidité totale et les matières tannantes des vins. — **M. A. Rosenstiehl** : Du rôle de la fermentation de l'acide malique dans la vinification (voir p. 593). — **MM. Eug. Charabot** et **G. Laloue** ont constaté que l'essence d'inflorescences de menthe poivrée est plus riche en menthone que l'essence de feuilles, parce que le menthol s'y convertit en menthone par oxydation. — **M. F. M. Albahary** a observé, à mesure que progresse la maturation de la tomate, une augmentation notable des acides organiques, des sucres, de l'amidon et des matières azotées non protéiques, tandis que les quantités de protéides et de cellulose diminuent fortement.

3° Sciences naturelles. — **M. G. Slavu** a reconnu que les doses toxiques de nitrite d'amyle n'empêchent pas le sang de contenir encore une quantité notable d'oxygène fixé sur les globules et dissociable sous l'action du vide ; la mort n'est donc pas due uniquement au manque d'oxygène. — **M. M. Kollmann** montre que les granulations leucocytaires doivent être considérées comme constituées par une substance de réserve. — **M. A. Laveran** a trouvé dans le sang de la Couleuvre argus une hémogrégarine, qui paraît identique à l'*H. Shattocki*. Ses formes de multiplication se trouvent seulement dans les capillaires pulmonaires. — **M. A. Tison** a observé que le *Saxe-Gothea* possède une nucelle allongée pour recevoir le pollen ; le bec nucellaire s'y élargit en un plateau visqueux ; la plante est, en outre, probablement dichogame. — **MM. A. Maige** et **G. Nicolas** ont constaté que l'intensité respiratoire des plantes en solutions sucrées augmente avec la concentration pour tous les sucres, sauf le lactose. — **M. L. Daniel** a observé que certains haricots greffés, cultivés sur une solution de Knop, se chlorosent par suite de l'absorption d'une substance minérale contenue dans la solution nutritive. — **M. A. Lauby** a découvert diverses plantes fossiles dans les terrains volcaniques de l'Aubrac. De leur détermination, il déduit que c'est probablement au Miocène moyen que les premières éruptions basaltiques de l'Aubrac se sont produites. — **M. A. Lacroix** a étudié la lave de la dernière éruption de l'Etna : c'est une labradorite augitique et péridotique, avec microlites d'olivine.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 7 Juillet 1908.

MM. Teissier et **Cazeneuve** sont élus Associés nationaux de l'Académie.

M. E. Gley présente un Rapport sur un travail de **M. E. Gellé**, dans lequel l'auteur montre le retentissement des lésions canaliculaires sur le parenchyme pancréatique acineux et insulaire et l'importance de ces lésions dans la genèse du diabète. — **MM. L. Malassez** et **Galippe** ont constaté que les corps sphériques, dits perles d'émail, qu'on trouve parfois sur les racines des très grosses molaires, renferment aussi de la dentine ; ils se sont probablement formés à la période de constitution du bulbe. — **M. Armaingaud** montre que l'exemple de Paris se joint à celui des autres grandes capitales : Londres, Berlin, Vienne, New-York, pour établir que l'application croissante de mesures d'hygiène publique, les progrès de l'hygiène privée et les efforts de la lutte directe et spécifique contre la tuberculose sont assez puissants pour réduire dans de sensibles proportions les ravages de la tuberculose pulmonaire. Il n'est donc pas vrai qu'à Paris ceux-ci augmentent ; au contraire, ils diminuent. Toutefois, la réduction est notablement moindre que dans les autres capitales. L'auteur propose qu'une Commission d'enquête aille étudier dans les capitales précédentes les moyens qui ont été mis en œuvre dans ce domaine. — **MM. L. Jacquet** et **Debat** présentent un travail sur la surdistension et le surtravail gastriques d'origine tachyphagique.

Séance du 15 Juillet 1908.

M. A. Netter présente un Rapport sur un travail de **MM. S. Bernheim** et **Dieupart** dans lequel les auteurs déduisent de leurs observations que la profession de raffineur et surtout de casseur de sucre prendrait une place importante dans l'étiologie de la tuberculose. Ces conclusions auraient besoin d'être étayées sur de nouvelles observations. — **M. H. Huchard** montre que l'artério-sclérose a sa cause dans une intoxication, le

Digitized by Google

plus souvent d'origine alimentaire; elle doit être combattue par le traitement rénal et anti-toxique, réalisé par l'alimentation lacto-végétarienne. L'hypertension artérielle est commandée par l'intoxication. — M. le Dr **Guisez** donne lecture d'un mémoire sur les résultats obtenus depuis cinq ans par la broncho-œsophagoscopie au point de vue de la cure des corps étrangers œsophagiens et bronchiques.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 4 Juillet 1908.

M. P. Marchal montre que le *Lecanium* du *Robinia* n'est qu'une variété du *Lecanium corni* qui s'est adaptée au *Robinia*; il propose de la dénommer *L. corni* var. *robiniarum*. — **MM. L. Hallion** et **L. Alquier** ont étudié les modifications histologiques des glandes à sécrétion interne par ingestion prolongée d'extrait d'hypophyse; seul, le corps thyroïde présente des modifications bien définies et constantes. — **M. A. Piédallu**, pendant l'opération du chamoisage des peaux, a trouvé dans l'huile : deux variétés du *B. pyocyanus*, plusieurs bacilles et un coccus aérobie. — **MM. Fayet** et **Moreau** ont trouvé, dans les granulations caractéristiques des plaies d'été du cheval, la *Filaria irritans*. — **M. L. Vaillant** a constaté que de jeunes crapauds, à la période ultime de la métamorphose, placés dans l'eau, s'y gonflaient quelque peu et périssaient au bout d'un certain temps. — **M. H. Vincent** montre que le bacille du tétanos se conserve, mais ne se multiplie pas dans le tube digestif des animaux, parce que les sécrétions intestinales ne sont pas favorables à sa végétation. — **M. E. Maurel** a étudié l'influence de la voie d'administration sur les doses minima mortelles d'ouabaïne; la voie gastrique est de beaucoup la moins toxique. — **M. Ch.-A. François-Franck** a appliqué les procédés pléthysmographiques à l'examen des résultats fournis par le sphygmomanomètre de Potain. — **M. A. Javal** montre que, dans certaines maladies du cœur et des reins, le fait de constater, à un moment quelconque, une hypertonicité des humeurs ou des sérosités, est un élément de plus pour accentuer la gravité du pronostic de la crise actuelle ou pour prévoir une récidive relativement prochaine. — **MM. C. Levaditi** et **T. Yamanouchi** ont constaté que certains organes, grâce à leur pouvoir réducteur, transforment l'atoxyl en un produit de réduction, le trypanotoxyl, doué de propriétés trypanolytiques accusées. — **MM. C. Levaditi, E. Brimont** et **T. Yamanouchi** ont observé que les races de trypanosomes qui, dans l'organisme vivant, résistent à l'action thérapeutique de l'atoxyl, ne sont influencées que lentement et incomplètement *in vitro* par le trypanotoxyl. — **MM. C. Levaditi** et **S. Mutermilch** montrent que les animaux traités par des extraits alcooliques de cultures cholériques acquièrent l'immunité active et fournissent un sérum doué de pouvoir préventif. — **M. Ch. Dopter** a reconnu que, pour obtenir un sérum antidysentérique possédant une action antiendotoxique, il faut inoculer les cultures vivantes dans les veines des animaux. — **M. J. Kunstler** confirme par ses observations l'hypothèse de Brumpt sur l'origine des Hémoflagellés. — **MM. G. Variot** et **P. Lassablière** ont reconnu que la panade (bouillie de pain dans l'eau), telle qu'elle est communément employée dans les classes pauvres, constitue un aliment très défectueux pour le développement et la santé des jeunes organismes. — **MM. L. Boidin** et **N. Fiessinger** ont constaté l'existence d'une sensibilisatrice spécifique dans le sérum de chien; mais la fixation est beaucoup plus considérable lorsqu'on emploie le sérum lactescent qu'avec le sérum clair. — **MM. L. Ribadeau-Dumas** et **R. Debré** ont déterminé, par les injections d'argent colloïdal, une heure après l'intervention, de la leucopénie, puis, le lendemain, de l'hyperleucocytose; les sels d'argent donnent des résultats beaucoup moins nets. — **MM. H. Dominici** et **L. Ribadeau-Dumas** tracent les caractères du lymphosarcome, qui le différencient du sarcome et du lymphadénome. — **M. E. Roubaud** a découvert, dans l'intestin postérieur de deux espèces de Muscides non piqueurs, à Brazzaville, un nouveau Flagellé à formes trypanosomes, qu'il nomme *Leptomonas Mesnili*. — **M. N. H. Swellengrebel** a reconnu que, chez le *Sphærotilus natans*, la spirale chromatique n'est pas de nature plasmatique. — **M. E. Paukul** montre, par diverses expériences, que ce n'est pas le faisceau de His qui sert à coordonner les pulsations des oreillettes et des ventricules du cœur. — **M. A. Soulima** a constaté que les températures inférieures à 39° sont défavorables à l'organisme dans sa lutte contre les microbes; dans les affections afébriles, on a intérêt à relever modérément la température du corps.

M. Ch. Gravier est élu membre titulaire de la Société.

Séance du 11 Juillet 1908.

MM. M. Ascoli et **F. Novello** ont constaté que tous les échantillons d'argent colloïdal préparés par diverses voies possèdent des propriétés hémolytiques très prononcées. — **M. L. Preti** a observé que le plomb colloïdal, le plomb métallique et divers sels de plomb exercent une action hémolytique. — **M. G. Rebière** a reconnu que l'Ag colloïdal électrique retarde l'inversion du saccharose par la sucrase de levure; la marche de l'inversion ne suit plus la loi d'Henri. — **MM. Ch. Achard, L. Ramond** et **E. Feuillié** ont constaté que l'anesthésie et l'asphyxie en milieu confiné diminuent la résistance des leucocytes; les infections microbiennes la diminuent d'abord pour la relever ensuite. — **MM. Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont observé que les globulins décolorent le bleu de méthylène par réduction. — **M. H. Busquet** montre qu'après un jeûne d'un mois chez les grenouilles l'appareil cardio-inhibiteur tend à perdre le pouvoir d'arrêter les battements cardiaques. — **M. F. Lussana** a reconnu que les peptides de Fischer ne peuvent pas être utilisés par le cœur comme matériel de nutrition; ils présentent même une action toxique. — **M. J. E. Abelous** décrit une modification avantageuse de la méthode de Richet et Etard pour le dosage des matières extractives réductrices de l'urine. — **MM. J. E. Abelous** et **E. Bardier** montrent que l'extrait éthéré de l'urine humaine possède, à part l'action vaso-constrictive, une action excitante sur la sécrétion salivaire. — **MM. M. Lannois, Ch. Lesieur** et **P. Gauthier** ont constaté que la plupart des microbes peuvent se développer dans le liquide céphalo-rachidien; mais celui-ci influe sur la morphologie de certaines espèces; quelquefois même, il empêche tout développement. — **MM. J. Ville** et **W. Mestrezat** ont mis en évidence un pouvoir réducteur buccal, d'origine microbienne, plus ou moins apparent, vis-à-vis des nitrates, s'accompagnant souvent d'une destruction des nitrites formés. — **M. F. Battelli** montre que l'acide formique est oxydé en présence de H^2O^2 par les peroxydases animales; il constitue un bon réactif pour leur recherche et leur dosage. — **MM. P. Ancel** et **P. Bouin** ont observé, chez le *Scutigera coleoptrata*, une anomalie de la figure mitotique pendant la métaphase et l'anaphase; mais le résultat de la mitose n'en est pas modifié. — **MM. Panisset** et **Alilaire** ont reconnu que l'antigène-hématie coagulé a perdu totalement le pouvoir d'engendrer des lysines; sa faculté agglutinogène a également fléchi. — **M. Weinberg** établit que les larves d'Oestres qui se fixent sur le tractus intestinal se nourrissent du sang de leur hôte; elles sécrètent des substances anticoagulantes et hémolytiques. — **MM. F. Mesnil** et **E. Brimont** ont étudié les propriétés préventives du sérum des animaux trypanosomiés; celui-ci paraît renfermer une sensibilisatrice; il n'est pas toujours agglutinant. — **MM. H. Claude** et **A. Schmiergeld** ont examiné la glande thyroïde chez les épileptiques. Les modifications essentielles portent sur la substance colloïde, qui est moins abondante et dont les réactions histochimiques sont

Digitized by Google

anormales. Le tissu interstitiel est le siège d'une sclérose en évolution. — **M. E. Marchoux** montre que, dans le filtrage des virus invisibles sur bougie filtrante, la vitesse du courant, la viscosité du liquide, la pression et la température ont une grande importance. — **M. H. Isoovesco** présente les divers lipoïdes qu'il a extraits du corps thyroïde. — **MM. H. Mouton** et **E. Pozorski** ont observé que la papaïne liquéfie instantanément le blanc d'œuf frais à la température du laboratoire. — **M. Ch.-A. François-Frank** compare graphiquement les procédés de sphygmomanométrie artérielle directe et globale.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 25 Juin 1908.

M. V. Babes a observé des néoplasies où la formation des capillaires biliaires intercellulaires est très prononcée et d'autres où ils font défaut, mais où les cellules hépatiques géantes sont le siège de canalicules biliaires abondants. — **MM. V. Babes** et **D. Malonesco** ont trouvé, dans les végétations endocardiques d'une malade morte d'endocardite, une diphtéridée pathogène. — **MM. V. Baroni, M. Cinca** et **C. Ionescu-Mihaiesti** n'ont pas trouvé d'anticorps spécifiques dans le sérum et les extraits d'organes d'animaux vaccinés contre la rage. — **M. A. Gradinesco** a constaté que les muscles de grenouille contiennent plus d'eau en hiver qu'en été. — **M. G. Marinesco** admet qu'il existe à l'état normal un équilibre entre la nutrition des cellules satellites et celle des cellules des ganglions sensitifs du neurone; tous les agents nocifs qui dérangent cet équilibre produisent, en général, une altération du neurone et une réaction proliférative des cellules satellites. — Le même auteur a étudié les lésions des fibres musculaires dans les myopathies primitives; ces fibres s'atrophient, puis disparaissent et sont remplacées par un tissu graisseux.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Juin 1908.

M. G. Urbain : *Sur le lutécium et le néo-ytterbium, constituants de l'ancien ytterbium.* C'est en déterminant le poids atomique de l'ytterbium que M. G. Urbain s'est rendu compte de la complexité de cet élément. Conformément à une règle qu'il a constamment appliquée à l'étude des terres rares, l'auteur ne s'est pas borné à déterminer le poids atomique de l'ytterbium pur. Il a voulu s'assurer que le poids atomique de cet élément était constant, et a soumis à de nouvelles cristallisations cette terre, alors qu'elle présentait des caractères suffisants de pureté. Dans ces conditions, il a constaté que les termes successifs de ses fractionnements de nitrates n'avaient pas le même poids atomique. Le poids atomique correspondant aux produits les moins solubles était plus faible que le poids atomique correspondant aux fractions les plus solubles. Une comparaison entre les spectres des fractions extrêmes révéla, dans celui des terres les plus solubles et de poids atomique le plus élevé, des raies fortes de l'ytterbium qui faisaient défaut dans les spectres des terres de poids atomique plus faible. M. Urbain a donné le nom de *lutécium* au constituant de l'ytterbium qui donne ce spectre et dont le poids atomique est voisin de 174. Il a donné à l'autre constituant de l'ytterbium le nom de *néo-ytterbium*. Outre le spectre de lignes, l'ancien ytterbium présente un spectre de bandes d'étincelles, qui permit à M. de Boisbaudran de caractériser spectroscopiquement l'ytterbium de Marignac. Les bandes de ce spectre ont été désignées par des lettres grecques : α, β, γ, δ_1, δ_2,... Ces cinq bandes sont les plus aisément observables. M. Urbain a constaté que la bande γ, absente dans le spectre du néo-ytterbium, est fort intense dans le spectre des terres lutécifères et caractérise, en conséquence, le lutécium. Les bandes α, β, δ_1, δ_2, seules visibles dans le néo-ytterbium, ne conservent pas, ainsi que l'auteur s'en est assuré par des fractionnements ultérieurs, leurs intensités relatives. Les bandes δ, beaucoup plus faibles que les bandes α et β dans les terres voisines du lutécium, augmentent d'intensité relative dans les terres de poids atomique plus faible. Il n'est pas douteux que les bandes δ ne caractérisent pas le même élément que les bandes α et β. L'auteur n'hésiterait pas à affirmer que le néo-ytterbium est lui-même complexe, si les produits où il a observé les bandes δ avec leur éclat maximum ne renfermaient du thulium. Il est, en effet, possible, bien que peu probable, que le thulium émette lui-même deux bandes fort voisines des bandes δ, qui viendraient ainsi se superposer partiellement à ces bandes du néo-ytterbium, en donnant l'illusion d'une complexité de cet élément. L'auteur a entrepris de nouvelles recherches dans le but d'établir si les phénomènes observés sont attribuables au thulium ou à un dédoublement du néo-ytterbium. Il signale qu'il n'a pu obtenir jusqu'ici de néo-ytterbium de poids atomique constant. — **M. Henri Abraham** présente un résumé des travaux de **MM. E. B. Rosa** et **Dorsey** *sur la détermination du rapport v des unités électromagnétiques et électrostatiques.* Les mesures de MM. Rosa et Dorsey ont été faites par la méthode des décharges répétées d'un condensateur étalon. Le courant quasi-continu obtenu est compensé par un dispositif de pont de Wheatstone ou par l'emploi d'un galvanomètre différentiel. Les condensateurs étalons ont été des condensateurs sphériques, des condensateurs cylindriques et un condensateur plan. On a varié beaucoup les conditions des expériences (potentiel et fréquence des décharges, types de galvanomètres, etc.), et toutes les déterminations se sont trouvées concorder *à environ un dix-millième près.* La moyenne générale des expériences conduirait à adopter pour la constante *v rapportée au vide* la valeur $v = 2{,}997.10^{10}$. Cette valeur ne diffère que d'*un deux-millième* en moins de la valeur la plus probable de la vitesse de la lumière. — **M. Eug. Estanave** : *Projection stéréoscopique*; *Ecran stéréoscope.* La *Revue* publiera prochainement une Note détaillée sur ce sujet.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 26 Juin 1908.

M. L. J. Simon a répété ses anciennes expériences sur l'action de l'acide pyruvique et du pyruvate d'éthyle sur la paratoluidine; il indique les résultats obtenus et la conception qu'il se fait du mécanisme des cycles azotés produits, en accord avec les idées qu'il a émises, sur ce sujet, il y a quelque temps. — **MM. H. Cousin** et **H. Hérissey** ont étudié le produit résultant de l'action du ferment oxydant des champignons sur l'*eugénol.* Ils ont obtenu, à l'état pur, un principe cristallisé, incolore, fondant à 105-106°, soluble dans les alcalis, se colorant en bleu par le perchlorure de fer en solution alcoolique, fournissant des éthers acétique et benzoïque. Ce corps peut aussi être facilement préparé par l'action du perchlorure de fer très dilué sur l'eugénol. L'essai cryoscopique du corps, son analyse élémentaire et ses propriétés, ainsi que celles de ses éthers, doivent faire considérer le principe obtenu comme résultant de la soudure de deux molécules d'eugénol avec perte de deux atomes d'hydrogène, et possédant par suite la formule $C^{20}H^{22}O^4$; il faut donc lui donner le nom de *déhydrodieugénol.* — **M. Bouveault** présente, au nom de **M. Vigreux**, deux appareils permettant de distiller rapidement ou d'évacuer des solvants volatils ou des vapeurs acides sans employer de bouchon et en vase ouvert. — **M. J. Bougault** donne un procédé de dosage et de séparation de l'acide salicylique, basé sur la méthode de Messinger et Vortmann pour le dosage de divers composés phénoliques. Au lieu d'opérer volumétriquement, il propose de peser le composé rouge (di-iododiphénylène-quinone) que donne l'acide salicylique (ainsi que le phénol et l'acide para-oxyben-

Digitized by Google

zoïque) en présence d'un excès d'iode et d'une base alcaline. Il montre que les composés auxquels Messinger et Vortmann ont attribué les formules $C^6H^3I^2.OI$ et $C^6H^3I(OI)CO^2K$ sont des mélanges de composition variable et non des principes immédiats définis. — **M. Georges Lemoine** a étudié la *décomposition des alcools sous l'influence catalytique de la braise.* On sait qu'avec le cuivre les alcools se dédoublent par déshydrogénation (MM. Sabatier et Senderens), et avec le noir animal par déshydratation (M. Senderens); des réactions secondaires peuvent en même temps donner des hydrocarbures forméniques. Avec la braise, à des températures comprises, suivant les alcools, entre 340 et 420°, une proportion importante du dédoublement se fait par déshydrogénation avec formation d'aldéhyde. Les expériences ont porté sur les alcools méthylique, éthylique, propylique normal, isopropylique, isobutylique et amylique. Avec l'alcool méthylique en particulier, le gaz contient environ 55 °/₀ d'hydrogène. L'alcool isopropylique se distingue de l'alcool propylique normal par une proportion d'hydrogène très faible (5 °/₀) et par la production de triméthylène. Ces expériences montrent nettement que le rôle des catalyseurs est surtout d'abaisser la température des transformations chimiques.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 19 Mars 1908.

M. A. Mallock étudie les *trajectoires des projectiles de tir avec diverses formes de tête.* Pour cela, il détermine expérimentalement quelles valeurs doivent être attribuées aux trois constantes de sa formule de tir pour que les résultats déduits de ces formules concordent avec ceux qu'on observe directement en employant diverses formes de têtes de projectiles; il examine ensuite comment ces constantes varient avec la forme du projectile. Les formes employées ont été les suivantes : 1° têtes plates; 2° têtes hémisphériques; 3° têtes ogivales, le rayon de l'ogive étant égal à 2, 4, 6 ou 12 diamètres du projectile. Les résultats montrent qu'on a peu d'avantages à employer une forme de tête ogivale dont le rayon soit plus grand que 12 diamètres; d'ailleurs, si on se servait d'une forme plus pointue, les dimensions du corps cylindrique deviendraient trop petites pour que le canon de l'arme pût guider efficacement le projectile. Les formules pour projectiles à pointes ne s'appliquent pas aux projectiles plats, parce que la résistance que ces derniers rencontrent est si grande que leur vitesse tombe au-dessous de 300 m. par seconde (limite inférieure de la formule) au bout d'une faible trajectoire. Le tir avec ces projectiles est toujours mauvais; il est caractérisé par une grande déviation latérale. — **M. J. A. Mc Clelland** poursuit ses *recherches sur les rayons β secondaires.* Il a mesuré l'intensité de la radiation d'une plaque dans différentes directions lorsque les rayons β primaires incidents ne sont pas normaux. Les résultats montrent qu'une partie des rayons β secondaires suit approximativement les lois ordinaires de la réflexion; cette portion paraît être à peu près la même, au point de vue quantitatif, quelle que soit la substance de la plaque exposée à la radiation primaire; elle augmente à mesure que l'incidence des rayons est plus oblique. Quand la radiation secondaire est mesurée de telle façon qu'elle soit libérée des rayons réfléchis, elle dépend beaucoup plus étroitement du poids atomique de la substance réfléchissante que l'ensemble du rayonnement secondaire. L'auteur en tire la conclusion que les rayons réfléchis consistent en particules β incidentes qui n'ont pas pénétré suffisamment la plaque pour avoir provoqué un changement d'énergie dans un système atomique et en sont ressorties avec la même vitesse initiale. L'autre partie, qui constitue la véritable radiation secondaire, est émise par des atomes qui ont été troublés par l'entrée des rayons primaires. — **M. H. L. Callendar** : *Sur la tension de vapeur et la pression osmotique des solutions concentrées.* L'auteur développe une théorie des solutions fondée sur l'hypothèse qu'il existe une relation simple entre la tension de vapeur et la constitution moléculaire de la solution. Cette relation ne doit pas surprendre, étant donné le fait que l'égalité de tension de vapeur est l'une des conditions les plus générales de l'équilibre en Chimie physique. Les rapports de cette théorie avec les théories fondées sur la pression gazeuse, sur la présence des hydrates, sur la pression capillaire, sont tels qu'elle les comprend toutes, comme aspects différents du même phénomène. Si, par exemple, on considère les changements de pression capillaire dans leurs rapports avec la tension de vapeur comme définis par la relation $UdP = vdp$, on arrive aux mêmes résultats par des approximations similaires. Mais cette méthode n'est pas si commode, car elle implique le volume U qui est généralement inconnu et varie d'une manière incertaine, tandis que le volume v de la vapeur à basse pression peut être considéré comme se conformant très exactement aux lois des gaz. — **M. C. T. R. Wilson** présente ses *recherches sur la mesure du gradient de potentiel électrique de l'atmosphère et le courant terre-air.* Il mesure le facteur de dissipation d un conducteur chargé relié au sol et exposé à l'air, c'est-à-dire le pourcentage de la charge qui est neutralisé par minute; ce facteur de dissipation est égal à celui du sol même. On en déduit, au moyen d'un facteur de réduction, la quantité de courant qui va de la terre à l'air par centimètre carré du sol : cette quantité est égale à $2,2 \times 10^{-16}$ ampère.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION CANADIENNE

Séance du 3 Janvier 1908.

M. M. L. Hersey étudie le rôle de la Chimie dans la fonderie moderne.

Séance du 27 Mars 1908.

M. J. T. Donald décrit l'industrie des conserves de viande, la fabrication des extraits de bœuf, le traitement de la graisse de bœuf pour la production de l'oléo-margarine, et la préparation de la présure, de la pepsine, de l'adrénaline et d'autres substances pharmaceutiques.

SECTION DE LONDRES

Séance du 4 Mai 1908.

MM. E. Berl et **W. Smith** : *Sur quelques éthers simples ou mixtes de la cellulose.* Les auteurs ont reconnu que l'anhydride acétique peut être employé à la place de l'acide sulfurique comme agent déshydratant pour préparer des nitrates de cellulose fortement nitrés; ces corps sont un peu plus explosibles que ceux que l'on prépare avec le mélange nitrant ordinaire. Par l'action de la soude caustique alcoolique sur les dérivés nitrés du lévulose et de la cellulose, les auteurs ont obtenu des produits qui donnent une seule et même osazone, fondant à 145°-146° : la cellulose contient donc un ou plusieurs groupes de noyaux identiques à ceux du lévulose et de caractère cétonique. D'autre part, la cellulose contient un résidu de glucose, car les dérivés nitrés du glucose et de la cellulose fournissent, par le même traitement, d'assez grandes quantités d'acide oxypyruvique. Enfin, les auteurs montrent que l'amidon contient des groupements similaires à ceux de la cellulose, car on peut préparer à partir des nitrates d'amidon un produit qui ressemble beaucoup à l'acide oxypyruvique. — **M. E. Hatschek** étudie le *mécanisme de la filtration* à travers un septum constitué par une agglomération de particules sphériques ou cylindriques qui se touchent toutes. Il montre que le dépôt de la première couche de particules en suspension dans le liquide à filtrer sur cette surface produit un étrangle-

Digitized by Google

ment considérable de la surface de passage libre du septum; dans certaines conditions de dimension des particules, il est même possible d'arrêter presque immédiatement le flux du liquide, ce qui explique la pression considérable nécessaire pour filtrer certains précipités. La structure du dépôt formé est déterminée en grande partie par le diamètre et la distribution des orifices du septum. Lorsque les particules du précipité ne sont pas sphériques, elles se distribuent de façon à offrir la moindre résistance au liquide. L'étude des processus de filtration devra donc se baser en grande partie sur l'examen microscopique des précipités les plus communs qu'on rencontre dans l'industrie chimique.

SECTION DE MANCHESTER

Séance du 3 Avril 1908.

M. J. Race : *L'analyse des bières.* L'auteur a reconnu que la méthode réfractométrique pour la détermination de l'alcool et de l'extrait donne des résultats qui sont presque aussi exacts que ceux de la méthode par distillation, tout en étant beaucoup plus rapide. Il a observé, d'autre part, qu'on peut distinguer les bières brassées entièrement avec du malt de celles qui ont été brassées avec des quantités variables de succédanés par la teneur en acide phosphorique, qui est généralement de 30 °/₀ inférieure dans le second cas. — Le même auteur donne une série de tables pour la détermination de l'alcool et de l'extrait dans les spiritueux, au moyen du réfractomètre de Pulfrich.

SECTION DE NEW-YORK

Séance du 24 Avril 1908.

M. R. Calberla a préparé du ferrochrome en faisant réagir, au four électrique, un mélange d'oxyde de chrome et de fer ou de magnétite; le fondant était une scorie de chaux et de spath fluor. — **MM. W. J. Schieffelin** et **T. W. Cappon** décrivent la *fabrication de la lithine en partant de la lépidolite.* Le minéral, finement broyé, est traité par un peu plus que son poids de H^2SO^4 à 66° B., en élevant successivement la température de 120° à 340°. La décomposition atteint 94 °/₀ en moyenne. Par addition de sulfate de potasse, l'alumine passe à l'état d'alun dont la moitié se précipite. Pour enlever le reste, on ajoute de l'hydrate d'alumine fraîchement précipité et l'on fait bouillir; toute l'alumine et le potassium se précipitent à l'état d'alun basique. On éloigne le calcium par l'oxalate d'ammonium, le fer et le manganèse par l'hypochlorite de K. La solution claire de sulfate de lithium est précipitée par le carbonate de potassium, et le carbonate de lithium est lavé dans une centrifugeuse. — **M. W. Hallock** : *Le gaz Blau.* Ce nouveau gaz est un mélange de composés très volatils ou à l'état de vapeurs à la température ordinaire (comme le propane, le butane, les pentanes, le propylène, le butylène), qui sont comprimés à l'état liquide, et de gaz permanents (H, CH^4, etc.), qui se dissolvent en grande quantité dans ces gaz liquéfiés. On obtient assez facilement un mélange convenable de ces gaz en pratiquant la distillation de la houille à 600°-700°. Les gaz obtenus sont purifiés, puis liquéfiés par compression et vendus pour l'éclairage par incandescence dans des cylindres d'acier.

SECTION DU YORKSHIRE

Séance du 20 Janvier 1908.

MM. F. W. Richardson et **J. L. Bowen** ont étudié les méthodes qui permettent de reconnaître la présence d'adultérants, en particulier d'hydrocarbures légers, dans l'essence de térébenthine. La polarisation, l'indice de réfraction, le poids spécifique ne sont d'aucun secours. La réfraction spécifique permet de déceler les hydrocarbures légers, mais non d'en déterminer la quantité. La distillation fractionnée et la détermination du poids et de la réfraction spécifiques des fractions donnent des résultats excellents. L'emploi de solvants n'a pas d'intérêt. Parmi les méthodes chimiques, la détermination de l'indice d'iode et le dégagement de chaleur provoqué par l'addition de $SbCl^5$ sont de grande valeur.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 21 Mai 1908.

SCIENCES NATURELLES. — **M. V. Pietschmann** présente une étude critique sur vingt-huit espèces de Plagiostomes japonais; plusieurs, décrites comme spéciales à la faune japonaise, sont identiques avec les formes européennes. — **M. G. Beck von Mannagetta** a étudié la flore illyrienne et alpine de l'Europe moyenne dans la vallée supérieure de la Save en Carniole.

Séance du 11 Juin 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. F. Jung** : La déduction polaire en coordonnées courbes rectangulaires.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **M. J. Hann** présente ses recherches sur la météorologie de l'Adriatique, faites sur la petite île de Pelagosa. Les isobares suivent à peu près la côte dalmate et la côte italienne, tandis que l'axe longitudinal de l'Adriatique présente une pression minimum. — **M. M. Samec** a reconnu, par des observations faites en ballon, que, pour une même hauteur du Soleil et une même latitude géographique, l'intensité chimique du rayonnement total et celle du rayonnement solaire direct augmentent avec la hauteur au-dessus de la mer. — **M. R. Girtler** développe les équations des chaleurs de volatilisation, fusion et sublimation pour des surfaces libres convexes et planes de liquides et de solides, et emploie la différence entre les chaleurs de fusion pour une surface courbe et une surface plane au calcul de la constante de capillarité et de la pression interne des corps solides. Il trouve que la constante de capillarité de la glace est très grande par rapport à celle de l'eau, tandis que les pressions internes des deux corps sont du même ordre de grandeur. — **M. J. Matuschek** a constaté que le sulfate de magnésium et le nitrate de soude constituent une paire de sels réciproques. A 103° C., $MgSO^4.7H^2O$ réagit quantitativement sur 2 $NaAzO^3$. Le nitrate de Mg formé peut être extrait complètement du mélange par l'alcool méthylique concentré. $Mg(AzO^3)^2 6H^2O$ et $Na^2SO^4.10H^2O$, pulvérisés ensemble, donnent une bouillie liquide, dont on peut extraire du sulfate de Mg, puis du nitrate de Na. — **M. K. Hopfgartner** a obtenu deux combinaisons cristallisées de l'acide salicylique avec le fer trivalent : $Fe(OH)(C^7H^5O^3)^2H^2O$, qui donne la coloration caractéristique, et $Fe(C^7H^5O^3)^3$. — **M. E. Dittler**, en faisant réagir le dicyanodiamide sur le chlorhydrate d'éthylène-diamine à 140°-150°, a obtenu l'éthylène-biguanide, qui est une base monoacide. — **MM. R. Wegscheider, N. L. Muller** et **E. Chiari**, en nitrant énergiquement les deux éthers méthyliques de l'acide opianique, ont obtenu l'éther ψ-méthylique de l'acide nitro-opianique. Le nitrate d'acétyle transforme les éthers normaux de l'acide opianique en diacétates des éthers nitro-opianiques.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. C. Toldt** a étudié l'anatomie comparée du muscle digastrique chez les Monotrèmes, les Edentés et les Marsupiaux. Le muscle digastrique comme tel ne se rencontre que chez les Mammifères. Son renflement antérieur possède à l'origine le caractère et l'importance d'un muscle abdominal ; son renflement postérieur, lié chez les Mammifères inférieurs au muscles stylohyoïdien, a aussi le même caractère. La liaison des deux renflements séparés à l'origine en un muscle, le muscle digastrique, s'accomplit dans la série des Marsupiaux. — **M. F. von Höhnel** présente un Rapport sur son voyage d'études mycologiques à Ceylan et à Java. Il a noté la richesse des tropiques en Hyménomycètes charnus, en particulier en Agaricinées. — **M. R. Lucerna** communique ses recherches de géologie glacière sur les Alpes de Liptau. Il a constaté

Digitized by Google

l'existence, dans presque toutes les vallées, de « trogs » et de « kars » anciens et élevés. — **M. F. Berwerth** adresse ses conclusions géologico-pétrographiques sur la rampe sud du chemin de fer des Tauern. — Le même auteur décrit une météorite ferrique tombée à Avce, dans la vallée de l'Isonzo, le 31 mars 1908. Elle pèse 1.230 grammes et est composée de fer octaédrique.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 Mai 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. de Vries** : *Sur des congruences de cubiques gauches en relation avec une transformation cubique.* 1. La transformation $x_1x_1' = x_2x_2' = x_3x_3' = x_4x_4'$ entre les points P, P' aux coordonnées homogènes (x_1, x_2, x_3, x_4), (x'_1, x'_2, x'_3, x'_4), transformant les droites $x_k = \lambda a_k + \mu b_k$ dans les cubiques gauches ω^3 représentées par $x'_k = \frac{1}{\lambda a_k + \mu b_k}$, permet de déduire d'une manière assez simple des propriétés de systèmes de courbes ω^3. 2. Les courbes ω^3 par cinq points O_i coupant une droite l se trouvent sur une surface Γ^5, admettant une cubique nodale, la cubique ω^3 du système dont l est une bisécante, et cinq points triples, les points O_i; cette surface contient onze droites et dix coniques. 3. Le lieu des courbes ω^3 par cinq points O_i qui touchent un plan φ est une surface Φ^{10} à cinq points sextuples O_i, dix droites nodales O_iO_k et vingt coniques. 4. Les ω^3 par quatre points O_i dont b est bisécante et c sécante se trouvent sur une surface Σ^4 à quatre nœuds O_i, une droite nodale b, huit coniques et neuf droites simples. 5. Le nombre des ω^3 par quatre points O_i s'appuyant sur quatre droites données est de trente. 6. Etude de la surface ψ^{30} des courbes ω^3 par quatre points O_i s'appuyant sur trois droites. — **M. D. J. Korteweg** présente au nom de **M. L. E. J. Brouwer** : *Sur des quotients de différences et des quotients différentiels.* Cette communication, en rapport avec un discours tenu à Rome sur : La théorie des groupes finis et continus, indépendante des axiomes de Lie (Atti del IV° Congresso Internazionale dei Matematici), traite des conditions sous lesquelles on peut déduire l'existence d'un quotient différentiel fini et continu d'une fonction; elle ramène la différentiabilité indéfinie d'une fonction à une continuité dans un sens plus général. — **M. E. F. van de Sande Bakhuyzen** présente au nom de **M. C. Sanders** : 1° *Contribution à la détermination astronomique des lieux à la Côte occidentale de l'Afrique.* 1. Introduction. 2. Détermination du temps à Chiloango. Positions et marches des chronomètres. 3. Nouvelle détermination de la latitude à Chiloango. 4. Détermination de la position de N'Kutu, Mayili, Buka-Zan et Chimbete. 5. Résultats terminaux. 2° Observation du passage de Mercure à travers le disque du Soleil, le 14 novembre 1907, faite à Chiloango dans le territoire du Congo portugais. — **M. P. H. Schoute** présente la thèse de **M. W. van der Woude** : « Over elkaar snijdende normalen aan een ellipsoïde en een hyperellipsoïde » (Sur des normales qui se coupent l'une l'autre de l'ellipsoïde et de l'hyperellipsoïde).

2° Sciences physiques. — **M. H. Kamerlingh Onnes** et **M. C. Braak** : *Sur la mesure de températures très basses.* XXI. La fixation de températures déterminées à l'aide de points d'ébullition de substances pures. Détermination de la tension de vapeur de l'oxygène à trois températures. 1. Introduction. 2. Les appareils de mesure. 3. Détermination de la température et son degré de précision. 4. Détermination de la tension de vapeur à proximité du point d'ébullition de l'oxygène. 5. Précision des lectures. 6. Détermination du point d'ébullition de l'oxygène. 7. Déterminations de tensions de vapeurs à des températures plus basses. 8. Comparaison avec les résultats d'autres observateurs. — **M. H. Kamerlingh Onnes** et **J. Clay** : *Sur la mesure de températures très basses.* XXII. L'élément thermique or-argent aux températures de l'hydrogène. — **M. H. Kamerlingh Onnes** et **J. Clay** : *Sur la variation de la résistance galvanique de métaux purs à des températures très basses, et l'influence qu'exercent de petites quantités d'impuretés.* II. — **M. A. F. Holleman** présente au nom de **M. J. Blanksma** : *La réduction de matières nitro-aromatiques à l'aide du bisulfure de soude.*

3° Sciences naturelles. — **M. K. Martin** : *Das Alter der Schichten von Sondé und Trinil auf Java.* L'âge des couches de Sondé et de Trinil à Java, contenant entre autres une liste de 126 Gastropodes de Sondé. — **M. G. C. J. Vosmaer** : *Sur un genre d'éponge: Poterion.* D'après les sections microscopiques, le genre *Poterion* s'accorde en caractère avec l'*Osculina polystomella O. S.*, la forme libre d'une éponge sessile. — **M. H. Zwaardemaker** présente au nom de **M. A. K. M. Noyons** : *La détermination de la dureté des muscles.* En 1883, M. J. Thoulet a examiné l'élasticité des minéraux en déterminant le nombre et l'amplitude des oscillations d'une bille rebondissant contre le minéral. De la même manière, l'auteur a déterminé la dureté

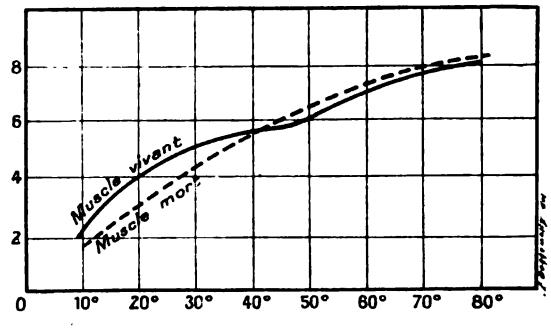


Fig. 1. — *Dureté du muscle à l'état vivant et à l'état mort.*

des muscles, en particulier du M. Sartorius de *Rana temporaria*, à l'aide d'un instrument nouveau qu'il appelle « scléromètre physiologique ». Le diagramme (fig. 1) fait connaître la dureté du muscle à l'état vivant et à l'état mort, l'abscisse représentant l'angle initial du pendule, l'ordonnée le nombre des rebondissements. — M. Vosmaer présente au nom de **M. J. Boeke** : *Sur la structure des cellules ganglionnaires du système nerveux central du Branchiostoma lanceolatum* (deuxième communication). 1. L'organe infundibulaire. 2. Forme et développement de la vessie cérébrale. — **M. M. W. Beyerinck** : *La fixation de l'azote atmosphérique libre par l'Azotobacter en cultures pures et la distribution de cette bactérie.* 1. Le malate de calcium comme source de carbone. 2. Quantité d'azote fixée. Distribution de l'*Azotobacter* dans le sol. — **M. H. C. Prinsen Geerligs** : *Sur la variation rapide de la composition de quelques fruits des tropiques pendant la maturation retardataire.* I. Phénomènes pendant cette maturation : a. Pisang (*Musa*). b. Mangue (*Mangifera*). c. Tamarinde. d. Sapodille (*Achras sapota*). II. Cause de la transformation d'albumine en saccharose. — M. A. W. Hubrecht présente pour les mémoires une étude de **M. J. H. F. Kohlbrugge** : Le sillon cérébral des peuples malais, comparé avec celui des Australiens et des Européens. Une étude de théorie évolutive. Sont nommés rapporteurs MM. C. Winkler et J. W. van Wyhe.

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 16 30 AOUT 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 16, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Le huitième satellite de Jupiter. — Le doute qui, depuis quelques mois, existait sur la nature exacte d'un astéroïde découvert dans le voisinage de Jupiter, en janvier dernier, par M. Melotte, astronome à l'Observatoire de Greenwich, semble aujourd'hui dissipé. On admet l'existence d'un huitième satellite de Jupiter, qui, par son grand éloignement de l'immense planète et par son mouvement rétrograde, excite au plus haut point l'intérêt du monde astronomique.

Mais toute spéculation serait prématurée, avant que des observations plus complètes nous conduisent à une connaissance précise de l'orbite de ce petit astre. Cependant, M. Georges Forbes fait remarquer que le nouveau satellite paraît décrire exactement la même trajectoire que la comète de Lexell, calculée par cet astronome en 1770, et qui parcourait, en cinq ans et demi environ, une orbite dont l'excentricité était de 0,7858, avec une inclinaison de 1°34′ sur l'écliptique. Son passage suivant ne put être observé en raison de la position de la Terre à cette époque; mais, à son retour de 1779, la comète s'approcha, le 23 septembre, de Jupiter, à 0°01 de la distance moyenne de la Terre au Soleil; puis elle disparut, et on ne l'a plus jamais revue. Or, à cette distance, l'attraction de Jupiter excède celle du Soleil dans la proportion de 200 à 1, et il se pourrait, en outre, qu'un de ses satellites se soit alors trouvé à une très courte distance.

Il ne serait donc pas tout à fait impossible que la comète ait été capturée par Jupiter et lancée sur une nouvelle orbite autour de cette planète. En ce cas, le mouvement rétrograde de l'astre cométaire devenu accidentellement satellite du géant du système solaire s'expliquerait et serait aussi vraisemblable qu'un mouvement direct.

La présence du Cyanogène dans l'espace interplanétaire. — Si l'on prend côte à côte, sur une plaque photographique, deux spectres des bords solaires Est et Ouest dans les régions équatoriales, les lignes d'origine vraiment solaire doivent, en vertu du principe Doppler-Fizeau, subir un léger déplacement relatif dû à la rotation du Soleil.

L'essai a été tenté pratiquement par M. H.-F. Newall, qui a pris une série de clichés l'été dernier et est arrivé à des conclusions très intéressantes.

Sur les deux sortes de spectres, on constate un déplacement très net des lignes voisines du fer et d'un certain nombre d'autres raies facilement identifiables. Mais, à côté des bandes du cyanogène déplacées en raison du fait de la rotation solaire, se trouvent des raies de la même substance qui montrent que les déplacements constatés ne tiennent pas tous à cette cause unique.

Les photographies donnent donc la preuve qu'il existe, dans l'atmosphère solaire proprement dite, du cyanogène tournant avec cette atmosphère, et que la même substance est interposée entre la surface terrestre et la surface solaire; la présence en est nettement indiquée par un déplacement spectroscopique indépendant de la rotation de l'astre central.

Il se pourrait aussi que l'atmosphère solaire ne tournât pas tout d'une pièce, comme je l'ai démontré récemment dans mon ouvrage : *Le Problème solaire*, ce qui serait confirmé par les observations de M. Newall. Cet astronome nous dit, en effet, que « le spectre du limbe oriental était, dans chaque cas, moins nettement défini que celui du limbe occidental... La bande du cyanogène du limbe oriental montre, en général, un double bord, comme si deux bandes semblables se trouvaient superposées avec de légers déplacements relatifs variant d'un jour à l'autre. La bande du cyanogène sur le limbe occidental montre, en général, un bord unique légèrement intensifié, comme s'il y avait là deux bandes superposées avec des déplacements trop faibles pour être mesurés. Il y a beaucoup d'autres petites différences entre les raies correspondantes dans les spectres des limbes Est et Ouest ».

Bien qu'il paraisse difficile d'expliquer la raison pour laquelle il existe une différence systématique entre les raies des deux bords solaires, et bien qu'on ne voie pas comment un gaz répandu en dehors de l'atmosphère du Soleil puisse donner les raisons de cette différence, M. Newall interprète son observation dans un sens très particulier. C'est pour lui la preuve que le cyanogène existe dans l'espace interplanétaire.

« N'est-il pas possible, dit-il, que les hydrocarbures,

Digitized by Google

les nitrocarbures, etc..., qui sont révélés par l'analyse spectrale dans toutes les comètes, ne soient autres que des gaz contenus dans l'espace circumsolaire, et rendus incandescents, d'une façon quelconque, par la rencontre des poussières cométaires?... Avons-nous le droit de dire que toutes les comètes, de quelque endroit de l'Univers qu'elles nous viennent et quelles que puissent être les substances dont elles sont formées, portent toujours avec elles des réserves de cyanogène et d'hydrocarbures qui leur donnent la luminosité? N'est-il pas plus rationnel d'admettre que les spectres de toutes les comètes sont approximativement semblables, précisément parce qu'elles rencontrent toujours les mêmes vapeurs répandues sur leur trajectoire, dans le voisinage du Soleil, et peuvent émettre seulement les spectres de ces vapeurs? » **Th. Moreux.**

§ 2. — Physique du Globe

Un séismographe à enregistrement électrique. — L'activité séismique exaltée de ces dernières années, manifestée par tant de catastrophes, donne un surcroît d'intérêt aux observations séismographiques qui s'exécutent couramment dans les observatoires des divers pays.

On sait que l'observation et l'enregistrement des mouvements de l'écorce terrestre se fondent sur le fait qu'une masse métallique (constituant le pendule séismique) tend à conserver sa position d'équilibre dans l'espace, tandis que les autres parties de l'appareil suivent tous les déplacements du sol. Il s'agit donc d'enregistrer les déviations ainsi produites entre les parties mobiles et les parties immobiles de l'appareil.

Selon la méthode généralement suivie, on relie le pendule, par l'intermédiaire d'un système pantographique, au style inscrivant les oscillations. Or, l'on comprend sans peine que l'inertie du système et le frottement inévitable compromettent la précision des enregistrements. Il est vrai qu'on peut se servir d'une méthode photographique pour inscrire les déplacements de l'écorce terrestre; mais, en dehors des frais très considérables qu'il entraîne, ce procédé ne permet pas l'observation immédiate des courbes pendant la durée du phénomène.

Or, ces inconvénients sont éliminés par une méthode récemment imaginée par M. R. Goldschmidt, agrégé à l'Université de Bruxelles. Un avantage particulier de son procédé, dans lequel l'électricité est employée pour transmestre à distance les indications du séismographe, c'est la possibilité de placer ce dernier à une distance quelconque de l'observateur et même à un endroit inaccessible.

Le dispositif construit par M. Goldschmidt comporte le pendule ordinaire, auquel sont attachées, en positions diamétralement opposées, une ou plusieurs paires de bobines électromagnétiques encerclées d'un grand nombre de spires de fil de cuivre mince. Vis-à-vis de ces bobines et en alignement parfait avec elles, se trouvent d'autres bobines portant un nombre moins grand de spires, d'un fil plus gros, parcourues par un courant alternatif. Ces bobines, attachées à un cadre ancré dans le sol, prennent part à toutes les oscillations de l'écorce terrestre, tandis que les bobines fixées au pendule tendent à conserver une position constante. Les oscillations séismiques se manifestent, par conséquent, par des variations périodiques de la distance mutuelle des bobines placées en regard les unes des autres. Or, ces variations de distance induiront, dans les bobines fixées au pendule séismique, des courants, se traduisant par les excursions d'un galvanomètre. Ce dernier rendra donc les vibrations terrestres, qu'il s'agira d'enregistrer au moyen d'un dispositif approprié.

Ce dispositif comporte une bande de papier se déroulant au-dessous de la pointe de l'aiguille galvanométrique, sur un support métallique. Entre l'aiguille et ce support, un petit transformateur produit un jeu continuel d'étincelles, perforant le papier. Comme la courbure du support correspond à l'arc décrit par l'aiguille galvanométrique, ces perforations constituent un enregistrement facilement lisible des déviations du galvanomètre, lesquelles, dans leurs portions intéressantes, pourront être photographiées par simple contact. La bande de papier est déplacée par un petit électromoteur ou un mouvement d'horlogerie à vitesse réglable.

La source de courant est une batterie de deux groupes de cinq accumulateurs, mis en circuit à tour de rôle et dont le courant est converti en alternatif au moyen d'un petit transformateur.

Dans le cas où un faible frottement est sans importance, l'on peut encore se servir d'un autre dispositif indiqué par M. Goldschmidt, par lequel les excursions du pendule sont transmises directement à la distance voulue. Une aiguille attachée rigidement au pendule se déplace le long d'un fil de platine qui constitue deux branches d'un pont de Wheatstone. Les excursions de cette aiguille, modifiant le rapport mutuel des résistances des deux branches, engendreront dans le galvanomètre du pont des déviations caractéristiques des vibrations terrestres et qui pourront être enregistrées d'une façon quelconque.

Alfred Gradenwitz.

§ 3. — Physique

La cristallisation de l'eau surfondue. — Pour montrer en expérience de cours le phénomène de la surfusion de l'eau, j'ai eu l'idée d'avoir recours à une méthode qui permettrait le libre développement des cristaux, c'est-à-dire à l'introduction, dans l'eau surfondue, d'un petit morceau de glace contenu dans un tube de verre finement effilé. Cette expérience, exécutée la première fois par M. Michel Iwanow, donna des résultats inattendus : quand la cristallisation atteignit le bout du tube, à ce bout commença à croître un cristal en forme d'étoile à six branches, tout à fait semblable aux cristaux caractéristiques de la neige. L'abondance des ramifications et la vitesse de cristallisation étaient d'autant plus grandes que la température de l'eau surfondue était plus basse.

Les surfusions de — 0°,3 à — 1° donnaient de petites

Fig. 1. — *Cristal de glace en étoiles ramifiées.*

étoiles avec des ramifications minces et peu nombreuses (fig. 1). Des surfusions plus grandes (de — 1° à — 3°) produisaient des étoiles à ramifications si développées que ces étoiles ressemblaient à des lamelles à six branches. Le plan des étoiles contenait la direction du bout du tube, de sorte que, ce bout étant vertical, une lamelle assez grande divisait le vase contenant l'eau surfondue en deux compartiments.

Digitized by Google

Des surfusions plus grandes que — 3° — surtout si le bout de tube n'était pas assez étroit — donnaient naissance à plusieurs lamelles orientées sous différents azimuts; toute la masse prenait alors la consistance d'un gruau et ressemblait beaucoup à la « glace de fond ».

Les cristaux consistent souvent en plusieurs étoiles de différentes dimensions, combinées ensemble et ayant

Fig. 2. — *Cristaux de glace combinés.*

leurs plans, leurs rayons principaux et même leurs ramifications parallèles (fig. 2.)

Si une étoile se brise, chaque morceau s'élève, avec de petites oscillations de la normale à son plan autour de la direction verticale, et atteint ainsi la surface. Cette circonstance permet d'expliquer la verticalité de l'axe optique de la glace des lacs et des rivières.

Le développement de ces cristaux de neige artificiels est facile à projeter sur un écran, si l'on pose le vase (un ballon, un verre, un cristallisoir) contenant l'eau surfondue dans un autre vase avec des parois planparallèles contenant de l'eau à une température à peine supérieure à la température de rosée de l'air ambiant. Pour la surfusion, on peut se servir d'une eau d'origine quelconque (distillée, de la conduite, etc.), mais on doit prendre garde que le mélange réfrigérant (glace pilée arrosée d'une forte solution de NaCl) ne soit pas trop froid (les meilleures températures sont de — 4° à — 6°) et que son niveau soit inférieur au niveau de l'eau qu'on doit surfondre. La projection est surtout brillante si l'on dispose le vase entre deux nicols croisés (c'est ainsi que les photographies ci-dessus furent faites; amplification 3 × 1). Alors l'étoile qui se développe progressivement se détache sur un fond sombre, devient de plus en plus blanche à mesure que son épaisseur (laquelle est de l'ordre d'un dixième de millimètre) s'accroît, puis reçoit les colorations de polarisation chromatique. On peut aussi démontrer que le cristal est optiquement uniaxe : si l'on tourne le tube effilé de sorte que le plan de l'étoile soit perpendiculaire aux rayons qui traversent les deux nicols croisés, l'image de l'étoile disparaît.

Les mesures exactes de ces cristaux pourront être faites en hiver, quand il sera facile de rendre leur existence moins passagère que maintenant. Les dimensions de ces étoiles — à une surfusion suffisante, de — 2° par exemple — dépendent principalement des dimensions du vase qui contient l'eau surfondue : j'ai souvent obtenu des étoiles larges de 8 à 12 centimètres.

Boris Weinberg,
Privat-docent à l'Université de Saint-Pétersbourg.

L'examen optique des milieux isotropes et anisotropes. — Les anneaux doubles observés par M. Lummer[1] conviennent parfaitement à l'examen des variations d'amplitude et de phase dues à la réflexion. Les possibilités d'application de ce principe viennent d'être étudiées par M. H. Schulz, dans une thèse inaugurale présentée à l'Université de Breslau.

D'accord avec les observations antérieures, l'auteur constate que l'ellipticité de la lumière réfléchie, pour l'angle de Brewster, croît à mesure qu'augmente le quotient de réfraction de la surface réfléchissante; la limite entre l'ellipticité positive et négative correspondrait à un quotient de réfraction d'environ 1,46.

Le saut de duplication des anneaux doubles de Lummer, qui se présente en lumière polarisée, dépend essentiellement de la position du plan de polarisation du premier faisceau. Lorsque ce plan de polarisation subit une rotation, due, par exemple, à la réflexion, l'on constate une variation correspondante de la position du saut de duplication. La rotation du plan de polarisation et, par suite, le rapport des coefficients de Fresnel pour la lumière vibrant normalement ou parallèlement au plan d'incidence, peuvent, par conséquent, être déterminés.

Toute ellipticité due à la réflexion se manifeste par une fluctuation de la luminosité maxima — dans le cas d'une rotation de 360° de l'analyseur — inférieure à celle qui correspond à la lumière de polarisation purement linéaire. Les mesures photométriques de la fluctuation d'intensité lumineuse permettent de déterminer l'ellipticité de la lumière réfléchie. Les ellipticités positives ou négatives modifient la position du saut de duplication en sens opposés.

Tandis qu'une surface de milieu isotrope, dans le cas d'une rotation dans son plan (toutes choses étant d'ailleurs invariables), ne fait voir aucune variation du phénomène double, l'on constate en général, dans la rotation d'une surface cristalline biréfringente, dans le plan de cette dernière, des modifications de l'allure du phénomène, modifications dues à la relation mutuelle entre la position du saut de duplication et celle de l'axe du cristal ou sa binormale relativement au plan de polarisation du premier faisceau de rayons C'est ainsi qu'il est possible d'étudier la réfraction double d'un milieu au moyen de la réflexion des anneaux doubles de Lummer.

§ 4. — Agronomie

L'agriculture danoise et ses progrès. — M. Tisserand vient de publier, dans le *Bulletin de l'Office des renseignements agricoles*, un Rapport du plus haut intérêt sur l'Agriculture danoise et ses progrès, qui renferme, en même temps que des documents très précis, des vues générales et des enseignements d'une grande valeur. Nous en extrayons les indications qui suivent :

Le Danemark est un petit pays; sa superficie est de 3.898.460 hectares; elle correspond à 7,22 °/₀ de la surface territoriale de la France; sa population est de 2.558.919 habitants, ou de 67 habitants par kilomètre carré. Cependant le Danemark, tout petit qu'il est, a un commerce international qui atteint presque 1 milliard et demi de francs (1.474.175.000 francs, moyenne de 1901-1905). Sa marine marchande comprend 3.698 navires jaugeant 461.315 tonneaux; son agriculture, et c'est sa grande force, a trouvé le moyen d'exporter en 1905 :

29.421 chevaux, autant que la France entière en comprenant les mulets;

122.696 têtes de gros bétail, trois fois plus que la France (45.846);

110.490.000 kilogrammes de viande de boucherie et de porcs salés, c'est-à-dire dix-huit fois plus que la France;

[1] *Annalen der Physik*, n° 6, 1908.

Digitized by Google

79.400.000 kilogrammes de beurre, le quadruple de notre exportation totale, et près de 1 million d'œufs par jour, alors que nous sommes tributaires de l'étranger de 128 à 130 millions d'œufs, représentant l'excédent de nos importations sur nos exportations l'an dernier.

La valeur d'exportation, pour le Danemark, de ces cinq articles a atteint, en 1905, 451.347.000 francs; en 1906, ce chiffre s'est élevé à 474.600.000 francs.

Il n'y a pas de pays qui entretienne relativement autant de bestiaux. Par kilomètre carré, le Danemark possède, en effet, l'équivalent de 99 têtes de gros bétail, alors que la France n'en a que 54, l'Autriche 55, l'Allemagne 70, les Pays-Bas 88, et le Royaume-Uni 74.

Pour répondre à l'intensité de la production animale, la culture danoise a pris une orientation et une activité toutes nouvelles. Aux dépens des landes, des marais, des dunes de sables, la superficie des terres arables et des prairies s'est accrue en trente ans de 24 °/₀, couvrant aujourd'hui 86 °/₀ de la surface territoriale du Danemark.

L'Agriculture danoise, en même temps, évoluait; elle s'orientait de plus en plus vers le développement des cultures fourragères avec emploi d'engrais artificiels, et, suivant M. Tisserand, actuellement on peut dire que plus des deux tiers de la surface cultivée sont consacrés à la production des denrées (grains et fourrages) destinées à l'alimentation animale, et cette proportion va en augmentant d'année en année en raison du bas prix des céréales, de la pénurie de la main-d'œuvre et des avantages considérables de la production laitière et de l'élevage de la volaille.

Mais ce ne sont pas seulement les étendues cultivées qui se sont accrues: les rendements de toutes les cultures ont augmenté dans des proportions sensibles depuis 1878. *En outre, les produits ont gagné notablement en qualité, par suite d'une sélection intelligente des semences*; aussi l'agriculture danoise, grâce à toutes ces améliorations, a-t-elle pu, malgré la baisse des denrées agricoles, non seulement maintenir le taux de sa production annuelle, mais l'élever encore d'une quarantaine de millions de francs depuis vingt ans, et l'on a *calculé que, si les prix de 1878 s'étaient maintenus de nos jours, la plus-value de la production actuelle serait de 200 millions de francs au moins.* Le produit total moyen de toutes les récoltes a été, pendant la période des cinq dernières années, de 591 millions de francs.

Mais ce n'est pas tout. Pendant que ces progrès s'accomplissaient, la condition des cultivateurs danois subissait de grandes modifications; leur situation s'améliorait notablement. L'émancipation de la classe des paysans (Boender), que M. Tisserand signalait déjà dans ses études économiques sur le Danemark, se poursuivait avec ardeur.

Grâce à leur prospérité et aux bénéfices croissants qu'ils réalisaient, les paysans ont pu graduellement, sans secousse et sans perturbation sociale, devenir propriétaires de la plus grande partie des terres qu'ils détenaient en vertu de beaux emphytéotiques, soit à perpétuité (*arve feste*), soit à vie pour eux et leur femme (*foeste*), moyennant certaines redevances payées à la propriété seigneuriale. Ils ont racheté à beaux deniers comptants, à des prix avantageux pour les grands propriétaires et à la satisfaction de tout le monde, les servitudes, les corvées, les journées de travail et les produits en nature auxquels ils étaient astreints. Ils sont ainsi devenus libres et indépendants.

Les ouvriers ruraux, qui étaient attachés aux domaines seigneuriaux sous la dénomination de *husmen*, ont eux-mêmes participé encore plus largement à ce mouvement d'émancipation. Liés par des contrats analogues et astreints aux mêmes charges que les boender, les *husmen* ont, comme eux, racheté les servitudes, les dîmes et les corvées qui leur étaient imposées; devenus propriétaires libres de la maison qu'ils habitaient et du champ y attenant, ils ont grossi la classe des petits paysans cultivateurs et n'ont pas peu contribué au développement merveilleux de l'agriculture danoise.

Comment le Danemark est-il arrivé aux résultats remarquables que nous venons d'esquisser à grands traits?

Tout le monde est d'accord, dans ce pays, pour reconnaître que le développement de l'agriculture danoise est dû, avant tout, au mouvement scientifique imprimé à l'exploitation du sol, à la préparation de la population rurale pour le recevoir et aux encouragements incessants donnés aux recherches et aux expériences scientifiques. Dans tous les ouvrages, dans toutes les publications de ce pays, dans toutes les conversations avec les agronomes aussi bien qu'avec les plus humbles paysans, on est unanime à attribuer la fortune agricole du Danemark à son armée permanente d'hommes de science, lesquels ont heureusement trouvé, pour mettre en œuvre leurs découvertes, une classe de grands et de petits cultivateurs longuement préparés et en état de les appliquer avec intelligence et profit.

Et M. Tisserand nous montre le rôle des Ecoles supérieures populaires, au nombre de 71, distribuant chaque année, en moyenne, à 3.250 garçons et 3.000 filles de paysans leur enseignement. A côté, 14 Ecoles d'Agriculture distribuent surtout l'instruction théorique, la pratique s'apprenant dans les fermes. Enfin l'Institut agronomique et vétérinaire de Copenhague, qui a marché de développement en développement, pendant cinquante ans de fonctionnement sans interruption, a déversé sur le pays une véritable armée d'hommes instruits.

Les voies scientifiques étant aussi largement ouvertes, les hommes d'initiative n'ont eu qu'à s'y engager pour entraîner à leur suite les populations rurales, les associations agricoles, le Gouvernement et le Parlement.

M. Tisserand nous indique l'œuvre du Parlement, les lois en faveur de l'agriculture : *Prêts fonciers aux ouvriers pour constituer une sorte de bien de famille; Prêts agricoles; Création du Ministère de l'Agriculture*, avec développement du corps des conseillers techniques, chargés de parcourir le pays pour instruire et guider sur place les cultivateurs dans la voie des améliorations, conseillers techniques choisis toujours parmi les spécialistes les plus compétents et non d'après les circonscriptions territoriales; *Contrôle permanent du beurre*; *Examen et expertise des beurres*, comprenant une exposition permanente des beurres danois; *Stations agronomiques*, etc.

Mais, dans la grande œuvre de rénovation et d'amélioration de l'agriculture danoise, les particuliers et les associations ont, de leur côté, joué un rôle considérable. Ils ont conservé la plénitude de leur liberté et de leur indépendance, dont ils ont un soin jaloux; comme tels, ils ont été, on peut le dire, les moteurs du progrès agricole. C'est à eux, c'est à leur initiative inlassable que sont dues les réformes réalisées et les institutions créées dans l'intérêt de l'agriculture depuis plus d'un siècle. C'est sous leur inspiration et par la manifestation de leurs désirs, de leurs volontés, que le Parlement et le Gouvernement agissent l'un et l'autre, n'abordent de réforme, ne font de loi ou de règlement et ne créent d'institutions d'Etat que lorsque l'initiative privée ou collective en a démontré, par une expérience prolongée, le caractère d'intérêt général.

M. Tisserand nous retrace l'œuvre de la *Société royale d'Agriculture du Danemark*; de la *Société des landes du Danemark*; enfin des *Sociétés coopératives*. C'est là « où l'esprit d'initiative et de solidarité s'est manifesté en Danemark dans toute sa force, dans la merveilleuse organisation des coopératives ».

La première société de ce genre a été fondée en 1866 à Chisted (Jutland), et, depuis lors, il s'en est créé partout. Il n'y a pas une commune où l'idée n'ait pénétré et n'ait été appliquée.

Ce sont surtout les *laiteries coopératives* dont le développement a été le plus remarquable; elles ont eu pour conséquence de supprimer totalement la fabrication du beurre dans les fermes, pour la reporter dans de grands établissements munis de l'outillage le plus

Digitized by Google

perfectionné et possédant les moyens d'étudier scientifiquement les progrès réalisables dans l'industrie beurrière et de faire des produits de premier choix.

La première laiterie coopérative a été fondée en 1882 dans le Jutland. Il y en a actuellement en Danemark 1.086, comptant 158.170 membres participants. Ils traitent le lait de 900.000 vaches laitières, soit environ 2 milliards et demi de kilogrammes. Cette quantité correspond à 80 ou 82 °/₀ de la production totale du pays.

A côté des laiteries coopératives, on trouve en Danemark, aujourd'hui, les *abattoirs coopératifs*; actuellement (1906), on en compte 34, comprenant 93.300 associés qui ont envoyé pendant l'année aux abattoirs coopératifs 1.134.624 porcs et 15.329 bœufs.

Les *Sociétés coopératives d'exportation des œufs* n'ont pas rendu moins de services.

M. Tisserand termine par ces mots son Rapport au Ministre : « Ces considérations comportent un enseignement; elles démontrent ce que la science, l'amour de la patrie, une population libre, laborieuse, éclairée, pleine d'initiative et animée d'un esprit bien entendu de solidarité et d'association ont pu faire d'un petit pays. »

§ 5. — Géographie économique.

La production et la consommation de la laine[1]. — Depuis dix ans, la quantité de laine mise à la disposition de l'industrie dans le monde oscille autour d'un million de tonnes. Le chiffre de 1906 (1.047.336) est le plus élevé de la période décennale 1897 à 1906; il se décompose de la manière suivante :

Production :

France	43.000	tonnes.
Autres pays de l'Europe continentale	160.850	—
Angleterre	58.890	—
Amérique du Nord	141.336	—

Exportations :

Australie	289.014	tonnes.
Colonie du Cap	36.693	—
République Argentine et Uruguay	198.414	—
Autres pays hors d'Europe	119.139	—

La production de l'Europe reste stationnaire : c'est que la division de la propriété restreint de plus en plus les espaces favorables à l'élevage du mouton et, d'autre part, l'éleveur européen est presque toujours enclin à produire des bêtes à viande plutôt que des bêtes à laine; il recherche le poids au préjudice de la toison. Ainsi, le contingent des troupeaux tend à diminuer en même temps que la production lainière. Ce double mouvement a déjà produit son effet, de telle sorte que le chiffre actuel d'environ 260 millions de kilogrammes peut se maintenir encore pendant assez longtemps.

Depuis 1904, même stagnation aux Etats-Unis, avec un mouvement de décroissance en 1907 (135.000 tonnes). Il ne semble pas que la production lainière prenne un plus grand développement dans ce pays; d'autres richesses naturelles agricoles répondent mieux à la nature de son sol et au caractère de ses habitants.

Il n'en est pas de même de certaines régions de l'Amérique du Sud, telles que la République Argentine, l'Uruguay, qui sont devenues un des plus grands centres de production de la laine et qui semblaient être des contrées d'élection pour l'élevage du mouton. La diminution de la production s'y affirme pourtant depuis plusieurs années; de 1901 à 1906, les exportations ont baissé de 240 à 198.000 tonnes, et un Rapport consulaire récent nous apprend que ce mouvement de baisse progressive n'a fait que s'accentuer au cours des derniers mois de 1907, par suite de l'affaissement des cours en Europe. Cette diminution tient, en outre, à des causes locales : la substitution progressive, dans tous les districts rapprochés de la mer ou des grands fleuves, de la culture à l'élevage, du blé et de la prairie artificielle à la plaine herbacée naturelle et sans limite; les terrains de ces régions ont acquis une valeur à laquelle ne répond plus l'exploitation pastorale, mais qui nécessite un rendement plus élevé : à côté des champs de céréales s'étendent des prairies artificielles, permettant l'élevage de races bovines de choix que l'on utilisera au moyen de l'industrie frigorifique, et dont le lait alimente déjà une importante fabrication de beurre, préparé d'après les méthodes les plus perfectionnées. Le mouton est ainsi de plus en plus refoulé vers l'intérieur, dans la région moins favorable qui avoisine les Andes.

C'est l'Australie qui est et qui restera le plus grand centre d'approvisionnement de l'industrie lainière. Sans doute, le climat provoque des fluctuations passagères; depuis quinze ans, les troupeaux ont beaucoup diminué dans certaines régions, mais leur reconstitution est en train de s'opérer d'une façon régulière, et cette reconstitution sera d'autant plus durable que les irrigations s'étendront davantage vers l'intérieur. De 1904 à 1906, les exportations de laine australienne ont passé de 232 millions de kilogrammes à 289 millions, soit une augmentation de 24 °/₀. De 1903 à 1906, le nombre des moutons s'est élevé (Nouvelle-Zélande comprise) de 73 millions à 94 millions et demi, mais il est encore loin d'atteindre le chiffre de 1892 : 125 millions. Il faut noter encore que, si l'Australie est le pays d'élevage du mouton par excellence, il est aussi le plus favorable à la production de la laine fine. Et si, en Nouvelle-Zélande et dans le voisinage des grands ports, l'industrie des conserves frigorifiques pousse à la production des races de boucherie, le climat de l'intérieur convient mieux à la race mérinos qu'aux races croisées.

Les troupeaux du Cap ont, comme ceux de l'Australie, une tendance à s'accroître et, il est probable que ce mouvement continuera. Quant aux laines communes des contrées du bassin de la Méditerranée (Algérie, Tunisie, Maroc, Asie Mineure), elles suivent l'attraction des prix d'Europe et sont, suivant le cas, exportées ou conservées pour les usages locaux.

La répartition de la laine entre les différentes régions manufacturières du monde s'est opérée, en 1906, de la manière suivante :

Grande-Bretagne	233.300	tonnes.
Continent européen	583.000	—
Amérique du Nord	231.000	—
Total	1.047.300	tonnes.

Population des trois groupements : 485 millions d'habitants.
Consommation par tête d'habitant : 2.161 grammes.

Si nous examinons la consommation pendant la période 1900-1906, nous constatons, à travers les fluctuations, un accroissement plus marqué pour le continent européen que pour l'Angleterre et une stagnation pour l'Amérique du Nord. Il est probable que la crise subie par les Etats-Unis en 1907 aura encore accentué ce mouvement, surtout dans les derniers mois de l'année. Le commerce de la laine, en France, a porté, en 1906, sur environ 360 millions de kilogrammes de matière première, représentant une valeur de 937 millions de francs : soit une augmentation d'environ 9 °/₀ en poids par rapport à 1905; c'est la conséquence de l'activité qui n'a cessé de régner dans l'industrie pendant toute l'année 1906.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] *Annales du Commerce extérieur.* Rapports de la Commission permanente des valeurs de douane. Année 1907, 6e et 7e fascicules. Paris, Imprimerie nationale, 1907.

Digitized by Google

LES ALGUES DU PLANCTON

Lorsqu'on promène à la surface de la mer, ou à une très faible profondeur, un filet de soie ou de toile à mailles fines dans une eau qui paraît très pure, on s'aperçoit que le filet renferme, en plus ou moins grande quantité, une sorte de gelée de couleur ocreuse ou brune. Précipitée par l'alcool, cette gelée paraît amorphe; mais l'examen microscopique démontre que cette gelée est constituée par une multitude d'êtres vivants, animaux ou plantes, dont l'ensemble constitue le Plancton.

Parfois, ces organismes apparaissent à la surface des eaux en si grande abondance que celles-ci deviennent troubles et prennent une teinte particulière, noire, verte, ocre ou rouge, qui explique les désinences géographiques de certaines mers. On dit alors que l'eau *fleurit*, et les organismes qui apparaissent avec cette abondance sont les *fleurs d'eau*.

Je ne traiterai ici que des organismes végétaux qui forment le Phyto-Plancton, par opposition au Benthon, constituant la masse considérable et variée des algues fixées sur les côtes, à une distance plus ou moins rapprochée du rivage.

I

Formé exclusivement d'Algues, le Phyto-Plancton présente les mêmes exigences nutritives que les plantes terrestres. Pour mettre en œuvre les matériaux renfermés dans la mer, les Algues exigent le concours de la lumière, bien que leur optimum d'éclairement soit moins élevé que celui des plantes couvrant le sol. Or, on sait que, même à l'état de pureté, l'eau constitue un écran qui absorbe rapidement et très inégalement les diverses radiations.

D'après les recherches faites sur ce sujet, une colonne d'eau de 10 mètres d'épaisseur ne laisse plus passer que 2 °/₀ de radiations rouges, 8 °/₀ d'orangé, 32 °/₀ de jaune et 75 °/₀ de bleu et d'indigo.

Une colonne d'eau d'une épaisseur de 100 mètres éteint toute la moitié la moins réfrangible du spectre et ne laisse plus passer que 6 °/₀ environ de bleu et d'indigo.

On peut rendre plus saisissante cette inégalité d'absorption des diverses radiations par le diagramme suivant (fig. 1). Le rectangle représente la quantité de lumière totale reçue à la surface de l'eau; à 10 mètres de profondeur, la lumière qui a pénétré est représentée par la surface située au-dessous de la courbe marquée 10 m.; à 100 mètres, cette quantité est figurée par la surface située au-dessous de la courbe marquée 100 m.

On a pu démontrer, au moyen de papier sensible, qu'à la profondeur de 896 mètres il pénètre encore une très faible quantité de lumière, ou du moins des radiations actives au point de vue chimique.

Mais ces données ne concernent que l'eau pure. L'eau de mer ou l'eau douce des lacs renferment en suspension des sédiments ou des organismes variés qui troublent sa transparence et réduisent, dans une forte proportion, la zone de pénétration des radiations. L'emploi des plaques photographiques a permis de constater, d'après Fol et Sarasin, qu'à Nice, les radiations chimiques pénètrent jusqu'à 400 mètres, et à Capri, d'après Petersen, jusqu'à 550 mètres. Mais ce sont là des profondeurs exceptionnelles, car, dans le lac de Genève, loin du débouché du Rhône, la pénétration de la lumière ne dépasse pas 110 mètres. D'ailleurs, cette pénétration est fonction du nombre d'organismes développés; si, en hiver, dans le lac de Genève, quand la température des eaux est assez basse, les radiations pénètrent jusqu'à 110 mètres, en été, quand la température de l'eau est plus élevée, que l'éclairement est plus intense, les radiations ne dépassent pas 45 mètres.

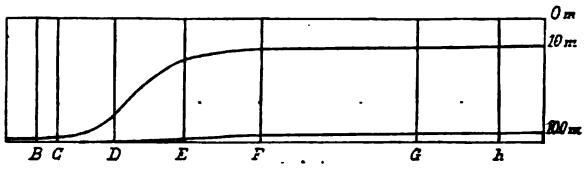


Fig. 1. — *Courbes d'absorption des radiations à travers une couche d'eau épaisse de 10 mètres et de 100 mètres.*

D'autre part, les Algues fixées se rencontrent à une profondeur bien moindre : à peine à plus de 30 mètres dans les eaux douces, à 40 ou 50 mètres dans la mer; exceptionnellement, dans des eaux très pures, à Capri, on rencontre des Algues fixées jusqu'à 120 ou 130 mètres.

Les Algues flottantes paraissent pouvoir descendre plus profondément, à 100 ou 200 mètres; mais, pour ces dernières, il n'est pas établi qu'à ces profondeurs la végétation puisse durer. Ces Algues se maintiennent à la surface, ou à une petite distance de la surface, tant qu'elles sont vivantes; dès qu'elles meurent, elles tombent lentement au fond : il est donc possible qu'à des profondeurs de 200 mètres et davantage on ait ramené des Algues mortes ou en voie de disparition.

C'est donc à une profondeur de 100 mètres, de 80 mètres ou de 50 mètres et moins que se limite la couche d'eau dans laquelle peuvent évoluer les

Digitized by Google

Algues du Plancton. Quand on les rencontre à une profondeur plus grande, ce ne sont que des dépouilles d'Algues qui s'accumulent peu à peu dans les grands fonds et constituent, grâce à leurs parois minéralisées, les vases ou les boues qui édifient, au sein des mers, les massifs géologiques futurs.

II

Deux groupes d'Algues contribuent à former le Phyto-Plancton : les Péridiniens, Algues brunes à carapace cellulosique, nageant au moyen de flagellums, et les Diatomées ou Bacillariacées, à carapace siliceuse, nageant ou flottant dans l'eau. A ces deux groupes il faut joindre quelques Algues brunes : le *Phæocystis Poucheti* des mers arctiques, formant des colonies d'Algues flagellées noyées dans une masse de gelée (fig. 2); le *Ph. Poucheti* est parfois en si grande abondance dans les mers froides que l'eau de la mer devient noire : il constitue alors d'immenses nuages troublant l'eau et forme les pâturages des animaux.

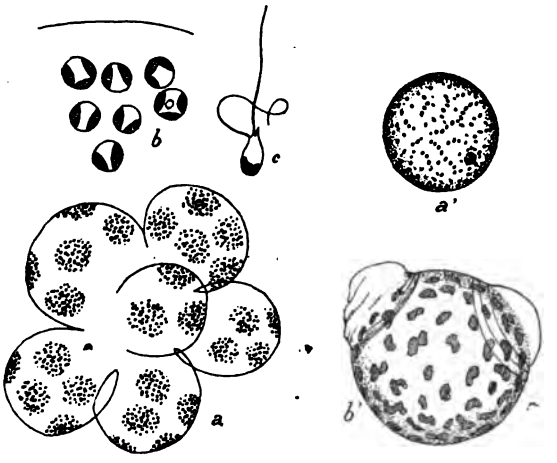


Fig. 2. — *a, b, c, Phæocystis Poucheti : a*, colonie; *b*, fragments de colonie; *c*, individu isolé. — *a', b'*, *Halosphæra viridis*; *a'*, individu jeune; *b'*, individu plus âgé.

Les courants ramènent parfois sur les côtes de la Manche une Algue verte, l'*Halosphæra viridis*, formée de petites sphérules de 1/2 à 1 millimètre de diamètre, très répandues dans la Mer du Nord (fig. 2).

Enfin, un certain nombre d'Algues bleues ou Cyanophycées se rencontrent dans le Phyto-Plancton des mers chaudes, comme les espèces du genre *Trichodesmium*, *Heliotrichum*, etc., dont l'aire d'extension est très grande. Le *T. erythræum* s'accumule en abondance à la surface de la Mer Rouge et lui communique, en se décomposant, une teinte rouge caractéristique.

D'autres Cyanophycées se rencontrent dans les eaux douces, dans les estuaires ou dans les mers à faible salure, comme le *Nodularia spumigena*, l'*Aphanizomenon Flos aquæ*, l'*Anabæna*, etc., si fréquents dans la Mer Baltique.

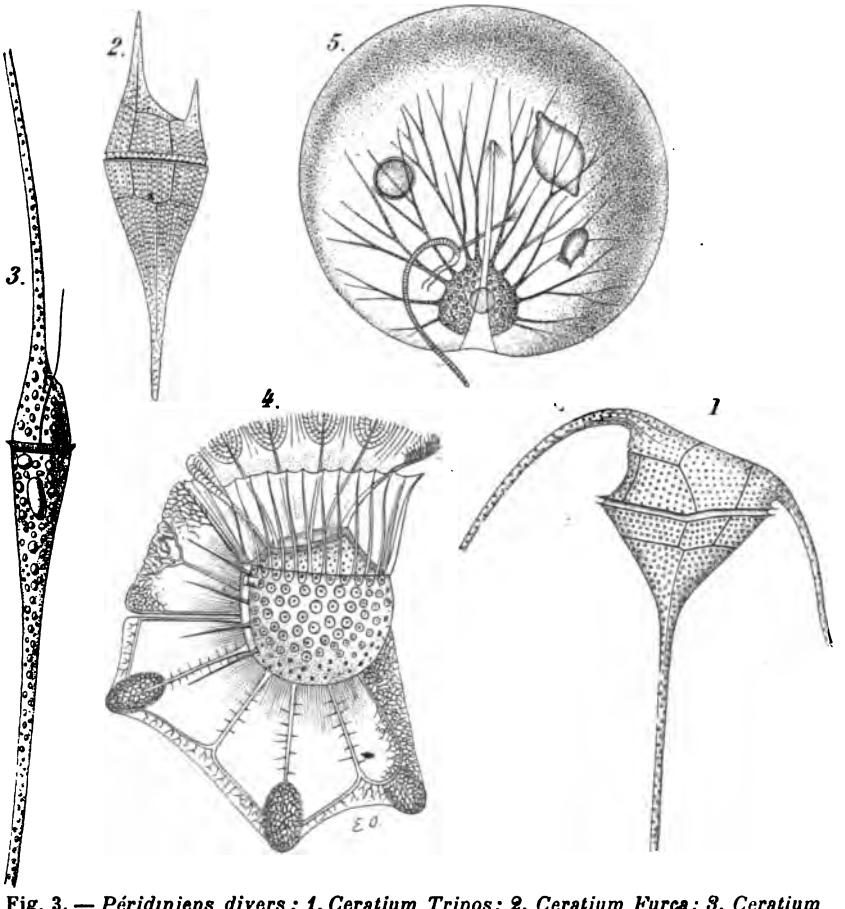


Fig. 3. — *Péridiniens divers : 1, Ceratium Tripos; 2, Ceratium Furca; 3, Ceratium Fusus; 4, Ornithocercus; 5, Pyrocystis Noctiluca.*

Les Péridiniens retiendront quelque temps notre attention, car ces Algues flagellées ont une constitution bien curieuse. Ces plantes unicellulaires, rarement réunies en colonies, sont constituées par une masse protoplasmique avec un noyau volumineux, des vacuoles pulsatiles, le tout emprisonné par une membrane cellulosique, rarement très mince et souple, le plus souvent épaisse et formant une cuirasse constituée

Digitized by Google

par un certain nombre de pièces assemblées. On peut distinguer dans cette cuirasse deux valves et une ceinture affectant la forme d'une gouttière transversale; les deux valves, ornées de ponctuations, de crêtes ou d'épines, sont formées d'un certain nombre de plaques étroitement articulées à la manière des os du crâne. Deux sillons parcourent cette cuirasse : l'un transversal occupant la ceinture, l'autre longitudinal et n'occupant qu'une partie de l'une des valves; c'est dans ces sillons que sont logés les deux cils ou flagellums, au moyen desquels la plante se déplace en nageant dans l'eau. Au niveau de l'insertion de ces deux flagellums, la carapace est interrompue et le protoplasme peut sortir à l'extérieur en formant hernie.

Ainsi constitués, les Péridiniens affectent des formes extrêmement variées, dont la figure 3 nous donne quelques échantillons; les *Peridinium* aux formes trapues, les *Ceratium* pourvus de trois cornes plus ou moins longues, atteignant parfois des dimensions considérables, tantôt droites, tantôt courbées; chez ces deux genres, les valves sont presque égales, mais l'une d'elles est parfois très réduite, comme chez les *Dinophysis* et surtout chez le curieux *Ornithocercus*, avec les expansions de sa cuirasse.

On peut rapprocher des Péridiniens, par les stades de leur développement, les Noctiluques ou *Pyrocystis*, qui sont parfois répandus en quantité innombrable à la surface de la mer et lui communiquent sa phosphorescence.

La plupart des Péridiniens sont marins; un certain nombre, cependant, peuplent les eaux douces des lacs, des étangs ou des mares : *Peridinium tabulatum*, *Ceratium cornutum*, *Ceratium hirundinella*, etc.

Les Péridiniens se multiplient pendant la saison chaude avec une grande rapidité et par un mécanisme particulier; je prendrai comme exemple le *Ceratium cornutum* d'eau douce, qui pullule dans certaines mares en si grande abondance que l'eau de celles-ci renferme une véritable purée de ces organismes.

Dans une mare de la forêt de Compiègne, la mare Calabre, où j'ai pu l'observer, la division avait lieu le matin surtout entre huit et dix heures, aux mois d'août et de septembre 1907 (fig. 4).

La division est annoncée par la modification du noyau, qui se gonfle et dont le réseau chromatique se sépare en un grand nombre de filaments placés parallèlement entre eux le long des côtés d'un rectangle; ces filaments sont dirigés obliquement par rapport à la ceinture de chaque individu et perpendiculairement à la ligne de séparation des deux individus nés d'une seule cellule-mère. Bientôt les filaments se coupent en leur milieu et s'écartent les uns des autres en formant deux rectangles de même largeur que le rectangle primitif, mais moitié moins hauts. Puis les filaments ainsi séparés se rassemblent pour former les deux noyaux des cellules-filles; c'est à ce moment que la carapace se fend suivant une ligne sinueuse, longeant les bandes de soudure des plaques de la carapace. Les deux moitiés de celle-ci s'écartent peu à peu, et bientôt la masse protoplasmique se sépare en deux. On a alors deux individus qui emportent la moitié de la carapace de la cellule-mère et dont l'autre moitié, d'abord nue, ne tarde pas à sécréter une membrane qui se soude à la moitié de la carapace

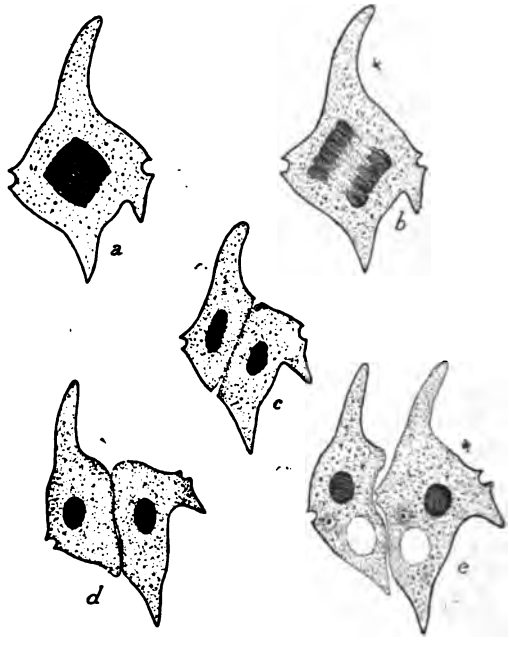


Fig. 4. — *a, b, c, d, e* : *Phases diverses de la division du* Ceratium cornutum. — La carapace de la cellule-mère est marquée par un trait fort. (Original.)

et complète bientôt le revêtement tout entier. Nous retrouverons ce mode de division, avec quelques variantes, chez les Diatomées, qui jouent dans le Plancton un rôle beaucoup plus important que les Péridiniens et par la variété des formes et par le nombre des individus.

III

Les Diatomées constituent des Algues unicellulaires à chromoplastes de couleur jaune d'ocre; aussi, quand elles sont fixées en grande abondance, soit dans l'eau douce, soit sur le sable ou la vase des mers, leur communiquent-elles une teinte ocreuse caractéristique.

Il n'est pas inutile de résumer la structure de ces Algues. Chaque individu est constitué par une masse protoplasmique emprisonnant un noyau de

Digitized by Google

très petite taille et des chromoplastes généralement jaune brun (la Navicule bleue — qui, en se fixant sur les branchies des huîtres, leur communique la teinte verte si appréciée chez les huîtres de Marennes — fait exception.)

Chaque individu est emprisonné dans une carapace; mais, à l'inverse des Péridiniens, chez lesquels la carapace est exclusivement de nature organique, celle des Diatomées est en grande partie minérale et formée de silice. Cette carapace, dépourvue d'élasticité, est formée de deux valves inégales, la plus petite entrant dans la plus grande comme les deux moitiés d'un étui ou d'une boîte. On doit distinguer

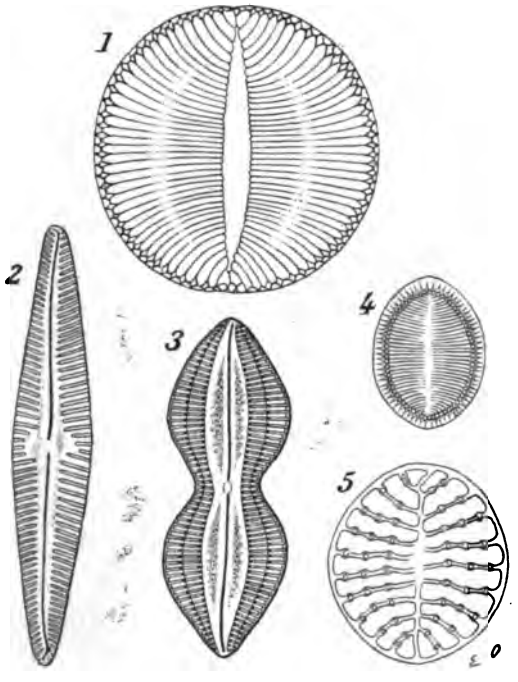


Fig. 5. — *Diatomées de fond: 1, Campylodiscus balearicus; 2, Navicula distans; 3, Navicula amoena; 4, Cocconeis britannica; 5, Campyloneis Grevillei* var. *Argus.*

dans la carapace les deux faces et la paroi latérale; c'est dans toute l'étendue de la paroi latérale qu'a lieu l'emboîtement des valves. Chaque valve est formée à son tour de deux pièces : une lame à contour variable formant l'une des faces et un ruban fixé sur le bord de cette lame.

Les lames formant les faces d'une Diatomée sont ornées de sculptures variées et présentent un réseau de stries très fines entre-croisées, constituant la charpente de chaque valve (fig. 5); les rubans formant les faces latérales sont dépourvus d'ornements ou ne présentent que des stries parallèles aux faces.

En certains points, les valves présentent des pores par lesquels s'échappent des matières mucilagineuses, formant des cordons plus ou moins fins ou des gouttelettes servant à unir les uns aux autres les différents individus en colonies, comme on le constate pour les colonies de *Thalassiosira*, d'*Asterionella*, de *Thalassiothrix*.

Ainsi protégée par une carapace rigide, chaque cellule ne peut s'accroître en largeur, mais elle peut s'accroître en longueur en écartant ses deux valves; l'accroissement en longueur, c'est-à-dire perpendiculairement aux faces, ne peut être bien considérable, puisqu'il aboutirait au déboîtement des deux valves. Toutefois, cet inconvénient est évité, parce que les Diatomées peuvent ajouter à chaque valve un ou plusieurs rubans supplémentaires, qui augmentent la longueur ou l'épaisseur des boîtes qui les forment. Il en résulte que, si le contour des faces demeure constant, l'écartement de celles-ci peut varier beaucoup par la formation de rubans latéraux supplémentaires; la croissance

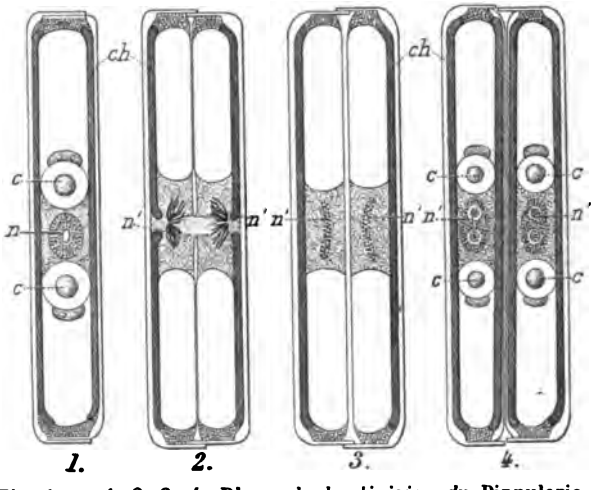


Fig. 6. — *1, 2, 3, 4, Phase de la division du* Pinnularia viridis, *d'après Lauterborn.* — *n*, noyau; *n'*, *n'*, noyaux fils; *ch*, chromoplaste.

de chaque individu est rendue ainsi possible au moins dans une direction.

Comme le nombre des anneaux complémentaires n'est pas indéfini, la croissance de chaque individu est nécessairement limitée. C'est à ce moment qu'apparaît le phénomène de la division.

Chaque cellule se divise, suivant le procédé ordinaire de la division cellulaire, en deux cellules-filles (fig. 6), puis les valves de la Diatomée se séparent et les deux cellules-filles possèdent chacune une valve de la cellule-mère; elles fabriquent alors une valve nouvelle qui vient toujours s'emboîter dans l'ancienne.

Chaque Diatomée a donc une valve appartenant à la cellule-mère et une valve nouvelle. Le phénomène est un peu différent de celui que j'ai rappelé tout à l'heure pour les Péridiniens; chez ceux-ci, la nouvelle membrane formée se soude à l'ancienne et les deux individus sont de même taille. Chez les Diatomées, il en va tout autrement : comme les deux valves de la cellule-mère étaient inégales, il

Digitized by Google

en résulte que les deux cellules-filles issues de la division n'ont pas les mêmes dimensions ; l'une d'elles a la taille de la Diatomée primitive, l'autre a une taille plus petite. Si le phénomène de la division se répète un certain nombre de fois, on obtiendra des Diatomées de plus en plus petites.

Par exemple, si l'on suppose 6 divisions succes-

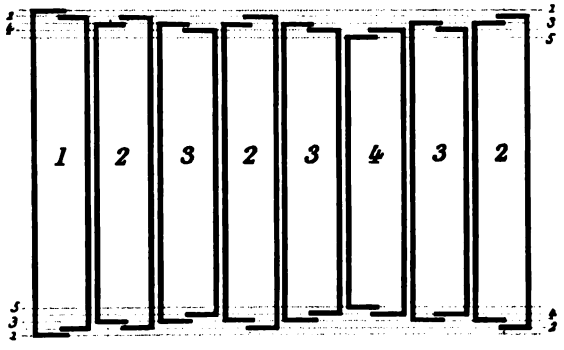


Fig. 7. — *Diagrame montrant la diminution de taille des Diatomées à la suite de la division.*

sives, on obtiendra 64 individus de taille intermédiaire entre la taille *a* de la cellule-mère primitive et la taille a_6 de l'individu le plus petit. Cette colonie se répartit de la manière suivante :

a	1
a_1	6
a_2	15
a_3	20
a_4	15
a_5	6
a_6	1
	64

La figure 7 montre, pour huit individus, les différences de taille obtenues par la division répétée.

Le nombre des divisions ne peut pas croître indéfiniment, parce qu'on obtiendrait des cellules trop petites; en général, ces divisions cessent quand la taille des individus a atteint les 3/4 ou les 2/3 de la cellule-mère primitive.

A ce moment, les jeunes Diatomées reprennent le diamètre le plus grand par la formation de spores de croissance ou *auxospores*. Voici par quel mécanisme : au moment où la division a lieu dans les individus réduits à leur taille minima, les deux cellules-filles se dégagent des valves de la cellule-mère désormais inutile; elles s'enveloppent d'une membrane provisoire continue, s'accroissent jusqu'à reprendre le volume primitif et reconstituent alors deux nouvelles valves.

Tantôt les auxospores se transforment directement en Diatomées; tantôt la transformation est précédée d'une copulation, et l'auxospore devient un œuf ou zygote qui se recouvre bientôt d'une carapace.

Ainsi définies par leur structure et leur développement, les Diatomées sont des plantes aussi nombreuses que variées dans l'eau douce comme dans l'eau salée. Toutefois, elles végètent surtout dans les régions froides. Ainsi, d'après les mensurations exécutées dans l'eau de mer et pour 1 mètre carré de surface, on trouve :

Dans la mer des Sargasses . . .	208.000	individus.
— le courant froid des côtes ouest de l'Écosse	18.000.000	—
— le courant froid du Labrador.	19.000.000	—
— l'Irmenger See.	4.870.000.000	—

Le nombre et la variété des Diatomées sont extrêmement grands. Au point de vue qui nous occupe, on peut distinguer, comme l'a fait observer Schütt, deux groupes : les Diatomées de fond et les Diatomées flottantes.

Les Diatomées de fond comprennent la plus grande partie des Pennatées, un certain nombre de Cycloïdées; elles sont remarquables par l'épaisseur de leur cuirasse siliceuse, par leurs formes massives, par la complication et la variété des sculptures de leurs valves (fig. 5).

La figure 8 représente un certain nombre de ces Diatomées de fond. Elles sont fixées sur les objets recouverts par la mer : rochers, sable, algues, etc., au moyen d'un ciment qui forme parfois, soit des coussinets, soit des arborisations plus ou moins élégantes couvertes de Diatomées ou de colonies de

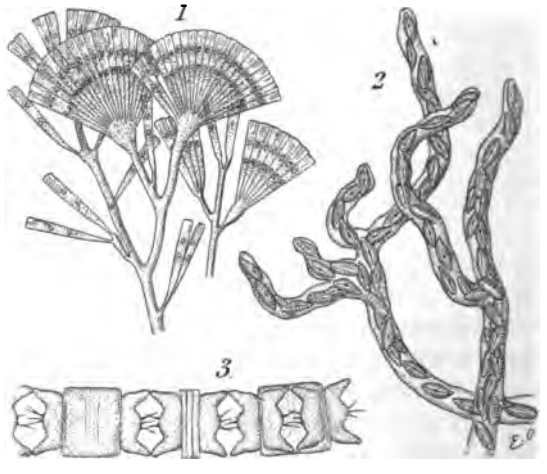


Fig. 8. — *Diatomées diverses : 1, Licmophora flabellata; 2, Cymbella cæspitosa; 3,* chaîne de *Biddulphia aurita.*

ces organes; d'autres rampent ou nagent sur le fond, mais sont incapables de flotter longtemps dans l'eau; c'est par exception qu'on les rencontre çà et là dans les pêches planctoniques.

Les Diatomées flottantes se distinguent d'abord par l'absence de sculptures; leur membrane se trouve souvent réduite à une trame de filaments très fins et entre-croisés dans laquelle le dépôt de

Digitized by Google

silice est très faible. Aussi sont-ce des plantes extrêmement fragiles, le plus souvent brisées par les manipulations destinées à mettre leur structure en évidence.

En outre, si certaines d'entre elles sont remarquables par leurs formes massives, dépouillées des ornements qui caractérisent les Diatomées de fond, beaucoup présentent des aiguilles, des ailes, des cornes plus ou moins longues qui augmentent encore la surface de résistance au plongement.

La légèreté spécifique de ces Algues flottantes est telle qu'il est souvent difficile de les faire

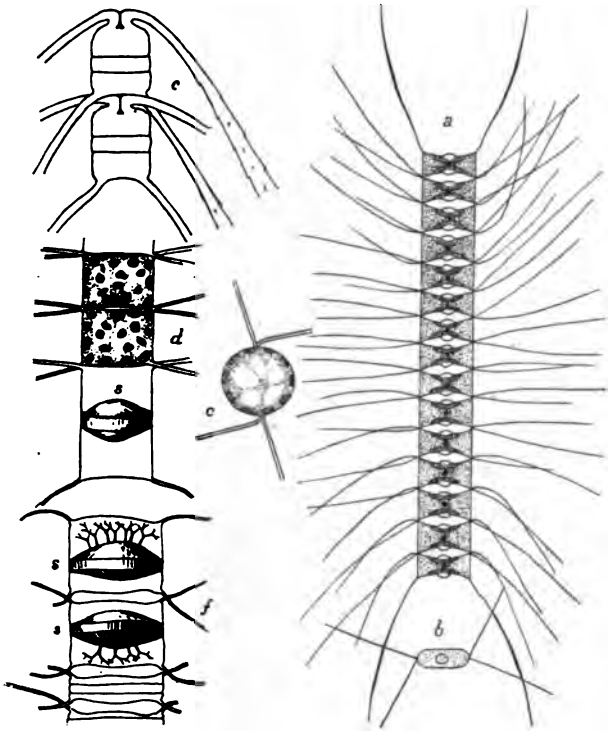


Fig. 9. — *a*, *b*, *Chætoceros didymum*; *c*, *Ch. peruvianum*; *d*, *e*, *Ch. teres*; *f*, *Ch. Diadema*; *s*, spores durables.

déposer par la centrifugation; au contraire, la sédimentation des Diatomées de fond est très rapidement obtenue, et l'on peut, par ce procédé, séparer très facilement les Diatomées de fond et les Diatomées nageantes.

Le nombre des espèces de Diatomées flottantes est bien plus faible que celui des Diatomées de fond. Il ne sera pas inutile de faire connaître les formes fondamentales. Nous signalerons surtout les *Chætoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia*, *Thalassiosira*, *Asterionella*, *Eucampia*, etc.

Les *Chætoceros* sont formés par des cellules à carapace cylindrique et courte, à section circulaire ou ovale, qui présentent, sur leurs deux faces plus ou moins convexes et aux extrémités d'un même diamètre, deux prolongements rigides, droits ou courbés, désignés sous le nom de cornes (fig. 9).

En se multipliant par division, un individu donne naissance à une colonie formant une chaîne, et chaque individu est uni à ses voisins par les angles d'insertion des valves ou par les cornes.

Les chaînes qui forment les colonies peuvent

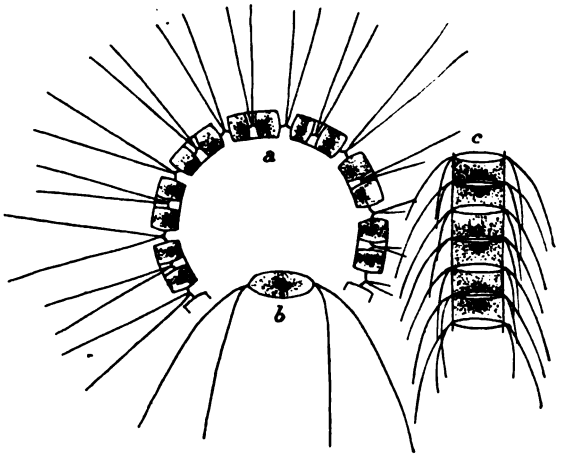


Fig. 10. — *Chætoceros curvisetum*. — *a*, colonie vue de profil; *b*, vue de face; *c*, individus en section transversale.

être droites (*Chætoceros didymum*, *Ch. teres*, etc.) ou courbées en spirale, comme chez le *Ch. curvisetum*, où les cornes sont toutes rejetées du côté externe convexe de la chaîne circulaire ou spiralée (fig. 10); parfois, les individus forment des colonies englobées dans une masse gélatineuse,

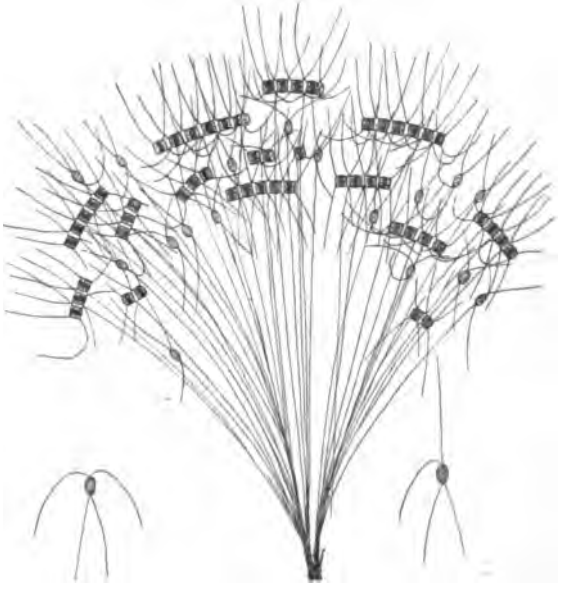


Fig. 11. — *Colonie de Chætoceros sociale* (*original*).

et se réunissent tous en éventail par une de leurs cornes extrêmement longues, comme on le voit sur le *Ch. sociale* (fig. 11).

Outre les phénomènes de division qui s'accomplissent suivant le procédé que j'ai décrit, un grand

Digitized by Google

nombre de *Chætoceros* forment des spores durables, dont les masses protoplasmiques sont protégées par une cuirasse très fortement silicifiée

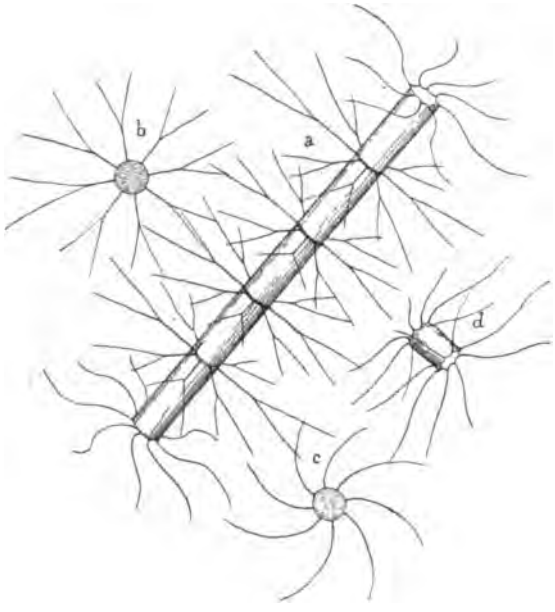


Fig. 12. — *a, Colonie de Bacteriastrum varians; b, segment intermédiaire; c, segment terminal; d, jeune individu isolé.*

et munie très souvent, sur ses faces convexes ou sur son bord équatorial, d'épines simples ou ramifiées. Ces spores durables sont mises en liberté par la séparation des valves et, quand on les rencontre

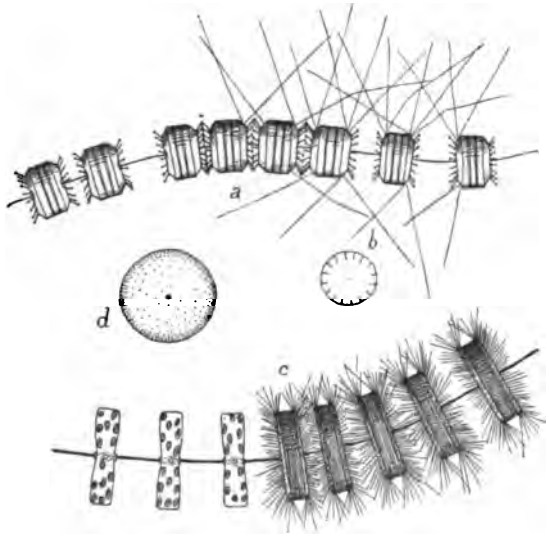


Fig. 13. — *a, colonie de Thalassiosira Nordenskioldi; b, individu vu par la face valvaire; c, colonie de Thalassiosira gravida; d, individu vu par la face valvaire (original).*

isolées, elles sont si différentes des formes végétatives qu'on les a d'abord décrites comme des espèces distinctes.

Un autre genre, remarquable par les épines siliceuses dont ses valves sont munies, est le genre *Bacteriastrum* : la figure 12 montre une colonie de *B. varians*, formée d'individus à valves cylindriques associés en une chaîne rigide; les valves qui terminent la colonie sont pourvues de six ou huit

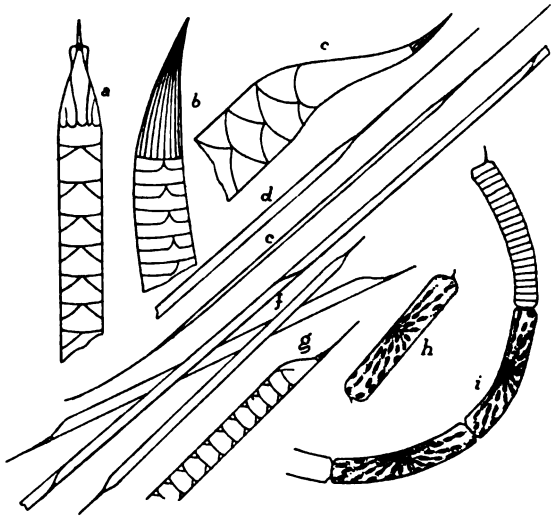


Fig. 14. — *Rhizosolenia : a, Rh. imbricata; b, Rh. robusta; c, Rh. Calcar avis; d, Rh. styliformis; e, Rh. semispina; f, g, Rh. Shrubsolei; h, Rh. delicatula; i, R. Stolterfothii.*

épines courbées en spirale ou davantage, donnant à la valve vue de face l'aspect d'un soleil de feu d'artifice; les valves intermédiaires sont munies d'épines

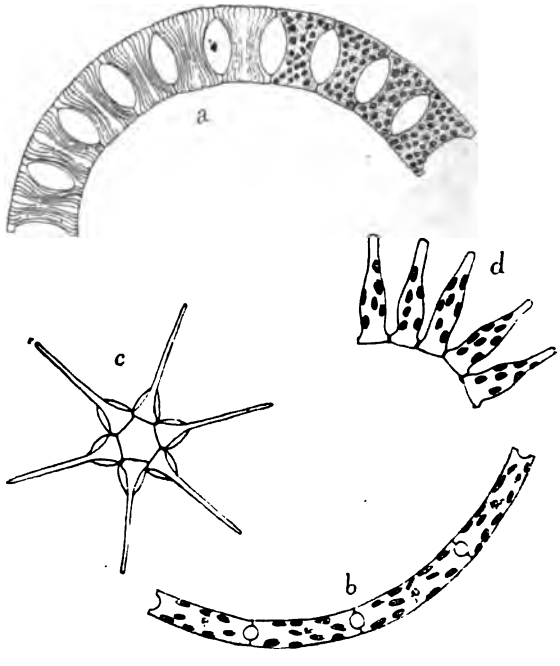


Fig. 15. — *a, Eucampia Zodiacus; b, Eucampia groenlandica; c, Asterionella Japonica; d, Asterionella Kariana.*

droites bifurquées, longues et délicates; c'est par ces épines que les individus de chaque colonie sont réunis.

Les *Thalassiosira* forment aussi des colonies

Digitized by Google

d'un genre différent; chaque individu a la forme d'une boîte circulaire aplatie, réunie à ses voisines par un cordon muqueux très délié (*Th. Nordenskioldi*) ou par un faisceau de filaments (*Th. gravida*). Chez le *Th. Nordenskioldi*, les faces des valves sont munies d'une série d'épines divergentes courtes et épaisses, formant une couronne régulière; puis, çà et là, sur les bords, s'insèrent des filaments très longs d'une extrême ténuité, imprégnés de silice et, par suite, extrêmement fragiles; c'est pour cette raison qu'on a méconnu leur existence; chez le *Thalassiosira gravida*, toute la surface des valves est munie d'un grand nombre de prolongements muqueux raides, mais moins fragiles, dont j'ai montré l'existence (fig. 13).

Les *Coscinodiscus*, souvent par individus isolés, forment parfois aussi des colonies analogues au *Thalassiosira*.

Un dernier groupe tout à fait caractéristique des Diatomées flottantes est constitué par les *Rhizosolenia*. A l'inverse des formes précédentes, dont les valves cylindriques ou elliptiques sont courtes, les *Rhizosolenia* ont des valves à faces très longues et à bases étroites, et prennent le plus souvent la forme d'aiguilles ou mieux de stylographes, grâce aux pointes étroites et effilées qui terminent chacune de leurs extrémités. La figure représente les types les plus communs de ce genre important. Ce sont tantôt des stylets étroits à pointe très effilée, comme chez les *R. setigera*, *R. semispina*, ou à pointe courte tout à fait semblable à celle du stylographe, comme chez les *R. imbricata*, *R. styliformis;* parfois la pointe est plus robuste et les individus plus larges et plus courts (*R. robusta*).

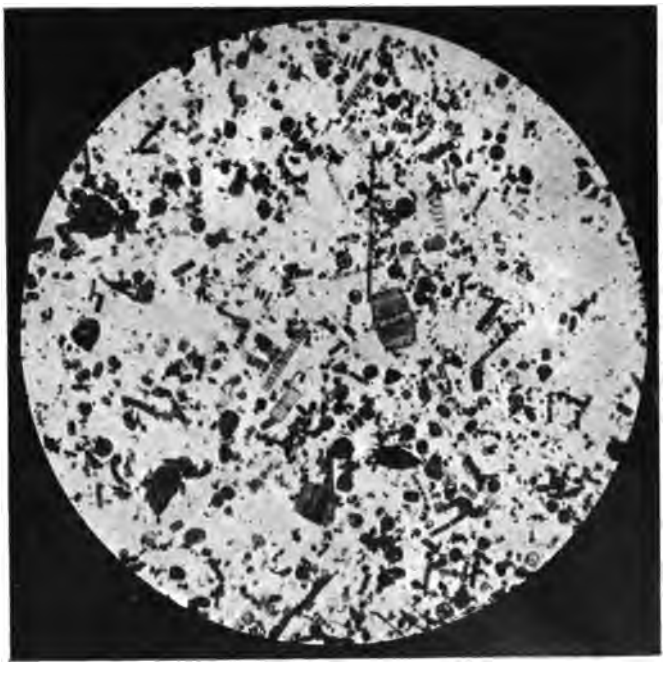


Fig. 16. — *Plancton de Saint-Waast, le 1er mars 1907. Thalassiosira Nordenskioldi*; *Th. gravida*; *Chætoceros teres*, etc.

Enfin, les formes les plus aberrantes ont les faces des valves arrondies avec un stylet terminal très court : *R. delicatula*, *R. Stolterfothii*.

Ces diverses espèces peuvent constituer des colonies : chez le *Rhizosolenia imbricata*, elles constituent de longs filaments rigides à courbure très faible; chez le *Rh. Stolterfothii*, ce sont des colonies circulaires ou arciformes plus ou moins longues.

Bien d'autres formes, élégantes et délicates, seraient à signaler, comme les colonies d'*Asterionella* (fig. 12), de *Thalassiothrix*, de *Fragilaria*, d'*Eucampia*, etc.; mais je ne voudrais pas abuser de l'attention de mes lecteurs.

Les formes que je viens d'examiner suffisent pour démontrer que, chez les Diatomées du Plancton, tout est combiné pour assurer à ces plantes, avec un poids spécifique très faible, une grande résistance au plongement par l'étendue des surfaces, le développement des saillies et la constitution de colonies au moyen de cordons muqueux ou d'amas gélatineux.

IV

Comment se répartissent les organismes dont nous venons de voir les traits fondamentaux ? Depuis longtemps, on a distingué deux groupes : les formes néritiques et les formes océaniques.

Le Plancton océanique est formé d'espèces qui peuvent accomplir leur évolution complète, sans période de repos, à l'état flottant; le Plancton néritique renferme les espèces qui, à un moment donné, présentent des formes de repos : spores durables ou œufs d'hiver, qui tombent sur le fond, demeurent à l'état de vie ralentie pendant un temps plus ou moins long, puis germent de nouveau en donnant naissance à des individus qui remontent à la surface et commencent un nouveau cycle évolutif.

La distinction des formes néritiques et des formes océaniques paraît simple; mais, dans la pratique, elle est souvent d'une application difficile, à cause de l'incertitude de nos connaissances sur l'évolution des algues du Plancton. Lorsqu'il s'agit d'espèces chez lesquelles on a découvert les spores durables, comme chez de nombreux *Chætoceros* (fig. 9), dont on voit ici les spores durables incluses dans les valves des divers individus, le doute n'est pas permis : on a bien affaire à des formes néritiques, même lorsque ces formes sont

Digitized by Google

entraînées par les courants à une grande distance des côtes. Quand ces spores sont absentes, que le cycle du développement n'a pas été suivi, on se trouve très embarrassé : de là les divergences qui existent chez les différents auteurs au sujet de l'attribution de telle ou telle espèce comme espèce néritique ou océanique.

Dans chacune de ces catégories, on distingue des subdivisions plus ou moins nombreuses, fondées sur la situation géographique des mers : ce sont les planctons arctiques, sub-arctiques, tempérés, tropicaux.

C'est ainsi que les *Trichodesmium*, qui, au moment de leur décomposition, communiquent une teinte rougeâtre à la mer, appartiennent aux régions tropicales et tempérées, ainsi que les Noctiluques (*Pyrocystis Noctiluca*, fig. 3, n° 5).

Les Péridiniens, dont certaines espèces sont cantonnées dans les mers chaudes ou dans les mers froides, sont surtout abondants dans la zone tempérée ; enfin les Diatomées, comme nous l'avons vu, sont surtout des organismes des régions froides. D'ailleurs, les courants chauds ou froids viennent à chaque instant, dans les diverses mers, modifier la répartition que la situation géographique ou l'influence saisonnière impose.

Dans une région déterminée, au moins dans les mers tempérées et froides, le cours des saisons, avec les variations d'éclairement et de température qu'il apporte dans les eaux de surface, influe beaucoup sur la population flottante de celles-ci. Les Péridiniens ont leur maximum de développement pendant l'été (juillet-septembre) et leur minimum en mars-avril ; il en est de même de l'*Halosphæra viridis*, algue verte très répandue dans la Mer du Nord (fig. 2).

Fig. 17. — *Plancton de Saint-Waast, le 23 juillet 1907. Plancton monotone : Rhizosolenia Shrubsolei.*

Les Diatomées offrent, par contre, le maximum de leur développement pendant la saison froide ; mais, en général, au moins dans les mers du nord de l'Europe, elles offrent un premier maximum en mars-avril et un deuxième en octobre et novembre.

Comme on le voit, non seulement la population des mers est très variée, mais elle change fréquemment sous l'influence des diverses causes que nous venons d'énoncer. Je ne saurais mieux le démontrer qu'en prenant un exemple emprunté aux côtes de France, bien que nous soyons très pauvres en documents de cette nature.

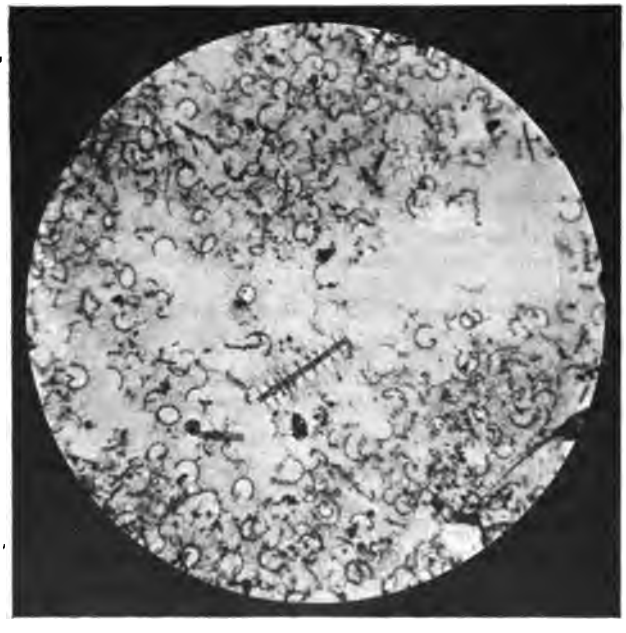


Fig. 18. — *Plancton de Saint-Waast, le 3 octobre 1907. Chætoceras curvisetum ; Ch. didymum ; Bacteriastrum varians, etc.*

Depuis le mois de février 1907, j'ai fait réaliser périodiquement des pêches planctoniques dans la baie de Saint-Waast-la-Hougue, à un mille environ de l'île de Tatihou, qui renferme le Laboratoire maritime rattaché au Muséum. Les sédiments recueillis dans ces pêches bimensuelles ont été colorés, pour pouvoir être photographiés plus facilement ; ce sont ces photographies que j'ai fait reproduire ici (fig. 16 à 19).

Le 1er mars, le plancton est surtout constitué par les jolies colonies de *Thalassiosira Nordenskioldi*, *Th. gravida* et *Chætoceros teres* ; par sa constitution, le plancton révèle une flore néritique des côtes du nord de l'Europe ; le *Chætoceros teres* était richement

Digitized by Google

pourvu de spores durables et, par ce signe, destiné à disparaître rapidement (fig. 16).

Le 10 mai voit disparaître les organismes variés que je viens de signaler, et le plancton devient presque monotone, avec une abondante quantité de *Pyrocystis Noctiluca*, espèce méridionale associée à une espèce néritique tempérée, le *Rhizosolenia Shrubsolei*, qui a pris déjà une grande extension.

Puis les Noctiluques disparaissent et le *Rhizosolenia* règne pendant tout l'été avec quelques fluctuations jusqu'au mois de septembre. Comme le montre la figure 17, le plancton d'été est pauvre en espèces et d'une remarquable monotonie.

Au mois d'octobre, le spectacle change : la variété des formes succède à la monotonie de l'été, rappelant la richesse de formes du printemps ; c'est, en effet, l'époque du deuxième maximum de développement que nous avons signalé. Mais les espèces diffèrent de celles du mois de mars (fig. 18 et 19). Les *Chæteceros* dominent surtout avec le *Ch. curvisetum*, dont on voit les colonies circulaires ou spiralées si délicates entremêlées aux *Bacteriastrum* et à des *Chætoceros* à chaîne rectiligne. Enfin, au mois de décembre dernier, le nombre des espèces est encore plus considérable ; mais les chaînes droites ou courbes des *Chætoceros* sont accompagnées d'abondantes colonies mucilagineuses du *Chætoceros sociale*

Fig. 19. — *Plancton de Saint-Waast, le 21 octobre 1907. Chætoceros curvisetum; Ch. sociale, densum, etc.*

V

Voilà, pris sur le vif et en résumé, un exemple des variations de la flore planctonique. En dehors de l'intérêt scientifique qui s'attache à l'étude et à la recherche de la flore des mers, on peut se demander quel est l'intérêt pratique de ces observations.

La relation très étroite qui lie la vie des animaux à la présence d'une végétation exubérante nous permet déjà de répondre à cette question. De même que, sur le continent, les carnivores sont tributaires des grandes régions de pâturages naturels ou artificiels par la quantité d'herbivores dont ils font leur proie, de même aussi les poissons qui vivent de végétaux rarement, mais surtout de Crustacés et de Mollusques, rechercheront les régions où ces animaux pullulent, c'est-à-dire les pâturages fixés ou flottants. Comme ces derniers se déplacent ou se transforment suivant la latitude, les saisons, on conçoit que les territoires de pêche puissent varier.

Déterminer les causes qui produisent ces variations et qui se ramènent, en dernière analyse, aux modifications de la gelée vivante qui flotte dans les mers, tel est le but que doivent poursuivre ceux qui s'intéressent au progrès de la Pisciculture marine.

Sur ce terrain, hélas, comme sur beaucoup d'autres, la France est en retard. On a compris depuis longtemps, à l'Étranger, l'importance des investigations méthodiques de la faune et de la flore marines. En Allemagne, en Hollande, en Norvège, en Suède, des laboratoires bien outillés et de nombreuses stations maritimes, entretenues à grands frais par l'initiative privée, renferment une pléiade de chercheurs, sans cesse occupés à recueillir les documents qui permettront de formuler les préceptes méthodiques de la pêche.

Qu'on me permette, en terminant cette exposition un peu aride, de souhaiter que tous ceux qui, en France, vivent de la mer, imitant l'exemple des pêcheurs de Bergen, comprennent enfin la nécessité de subventionner les Stations maritimes et d'encourager les études dont Pouchet a été en France le premier initiateur.

L'avenir dira si nous avons tort d'escompter l'esprit d'initiative et de solidarité de nos concitoyens.

L. Mangin,
Professeur au Muséum.

Digitized by Google

LE DOSAGE DES RAYONS X EN EXPÉRIMENTATION BIOLOGIQUE ET EN MÉDECINE

I. — Nécessité de mesures unifiées en expérimentation physiologique et en médecine.

Avant 1881, les physiologistes employaient les courants électriques sans les doser, ou plutôt chacun les mesurait à sa manière. Ce n'était qu'à la condition d'avoir un appareillage absolument identique, des piles de même modèle, des bobines d'induction de mêmes constantes, excitées par le même générateur, qu'un expérimentateur de New-York ou de Vienne pouvait répéter les travaux d'un auteur de Londres ou de Paris.

Le Congrès international des Electriciens de 1881 établit le principe d'une définition rigoureuse des unités électriques, déjà créées en même temps que le système C. G. S. par la British Association.

Depuis, le Congrès de Chicago a fait adopter ces unités absolues par le monde entier.

Le courant électrique devenait ainsi chose dosée. Des appareils pratiques de mesure pouvaient être répandus dans tous les laboratoires : quel que soit leur type, leurs indications étaient les mêmes. Quelle que soit l'instrumentation spéciale des divers opérateurs, leurs résultats devenaient comparables. Les progrès étaient possibles.

Eh bien, aujourd'hui, nous sommes dans une situation pire, quand nous employons les rayons X, qu'on ne l'était au milieu du XIXe siècle, quand on employait les courants électriques. Non seulement nous n'avons pas un système unifié d'unités du rayonnement, mais nous n'avons pas d'unités du tout, au sens physique du mot. La plupart de nos mesures sont spéciales à telle ou telle installation électrique, le mode de dosage est propre à tel ou tel auteur. Or, les services rendus par la radiographie, par la radiothérapie, ne se comptent plus. Il est du plus haut intérêt social d'arriver à un système de mesures absolu.

Ce n'est pas que de nombreuses tentatives n'aient déjà été faites, et la Radiologie médicale possède sur cette question une riche littérature; mais, pour montrer où nous en sommes, il me suffira de nommer l'unité la plus répandue, l'unité H de Holtzknecht; elle n'a, on le sait, d'autre définition que celle-ci : « C'est le tiers de la dose compatible avec l'intégrité des téguments » ; et sa représentation chimique est donnée par le degré de virage d'un sel dont la composition a été tenue secrète par l'auteur! L'unité H est l'unité fantôme dont tout le monde parle et que personne ne connaît; et c'est avec cette unité que sont dressées nos tables de posologie! Quel que soit le procédé radiométrique employé, soit celui de Sabouraud et Noiré, qui dose le rayonnement absorbé par le degré de brunissement du platinocyanure de baryum (réaction de Villard), soit celui de Kienböck, qui mesure les actions photographiques produites, etc., c'est toujours en unités H que les physiologistes et les médecins expriment leurs résultats.

Bordier et Galimard, les premiers, ont proposé une unité rigoureusement définie et tirée de la réaction de Freund, c'est-à-dire de la décomposition de l'iodoforme en solution chloroformique sous l'action des rayons X. La solution chloroformique d'iodoforme, normalement jaune, rougit sous l'action des rayons X, par suite de l'iode libéré. Cette libération se produit même en dehors de toute radiation, mais les auteurs sont arrivés à empêcher cet inconvénient en ajoutant 1 °/₀ de solution alcoolique de potasse au tiers. L'unité de quantité de rayonnement qu'ils ont tirée de cette réaction est la suivante : c'est la quantité de rayons X qui, agissant sur une solution chloroformique d'iodoforme à 2 °/₀ suivant l'incidence normale, sur une surface de 1 centimètre carré, et sur une épaisseur de 1 centimètre, est capable de libérer $0^{mg},1$ d'iode.

Mais, pour utiliser leur unité, Bordier et Galimard ont eu recours à ce même réactif dépourvu de toute précision et déjà employé par Sabouraud et Noiré : le platinocyanure de baryum virant au brun quand il est irradié.

Tous les procédés employés jusqu'ici ont, d'ailleurs, donné lieu à un abus de langage, sinon à une errreur d'interprétation. Quand on dit, par exemple, qu'il faut faire absorber 5 H à la peau pour obtenir de l'érythème, on veut dire qu'il faut soumettre la peau à un rayonnement tel qu'il produit dans le réactif employé un virage correspondant à la teinte étiquetée 5 H. C'est le rayonnement absorbé par le réactif et non par la peau qui fait l'objet du dosage. Substituez à la peau une surface osseuse dénudée, vous direz encore que, dans les mêmes conditions, l'os a absorbé 5 H, alors que tout le monde sait que le pouvoir absorbant de l'os est bien supérieur à celui des téguments! Il est vrai que l'on peut, de la notion de la quantité absorbée par le réactif, passer à celle de la quantité totale disponible du faisceau incident. Mais cette notion ne sera pas encore suffisante pour juger de la quantité vraiment

Digitized by Google

absorbée par les tissus : il faudra définir ce que l'unité d'épaisseur de chaque tissu retient de cette quantité incidente pour chaque qualité de rayonnement. Or, cette définition, la radiométrie actuelle, avec ses réactifs lents et imprécis, ses unités mal définies et variables, ne permet pas de la réaliser. Ce n'est donc pas exagérer que de dire que la radiométrie des rayons X dans les sciences biologiques n'existe pas, puisqu'elle n'a permis pratiquement d'arriver qu'à des notions vagues ou erronées sur l'absorption des rayons X par la matière.

II. — Absorption des rayons X par la matière.

Lorsqu'une radiation, quelle qu'elle soit, rencontre un corps, toute l'énergie du faisceau incident ne se retrouve pas, on le sait, dans la radiation émergente, c'est-à-dire dans l'ensemble des rayons transmis, réfléchis, diffusés, etc. Une partie de cette énergie est absorbée par la matière et transformée par elle. Tantôt elle est employée à produire une réaction chimique plus ou moins stable. Tantôt elle produit l'échauffement du corps irradié et on la retrouve sous une forme nouvelle de l'énergie radiante : la chaleur rayonnée. D'autres fois, elle provoque la phosphorescence et la fluorescence. D'une façon générale, elle détermine un phénomène matériel, intéressant la substance irradiée dans sa structure moléculaire, atomique ou même électronique, et donnant lieu secondairement aux effets divers que nous constatons : luminescence, ionisation des gaz, etc.

Ce qu'il importe de retenir des lois générales de l'absorption, c'est que les effets dus à l'énergie absorbée varient suivant la longueur d'onde de la radiation pour une même substance absorbante, et suivant la nature de cette substance pour une même radiation absorbée. Ainsi, pour prendre des exemples très généraux, on sait que, dans l'échelle des radiations, le rouge et l'infra-rouge sont surtout aptes à produire l'échauffement des corps irradiés, tandis que le violet et les plus courtes longueurs d'onde provoquent surtout des actions chimiques. On sait aussi qu'une même radiation, un rayon ultra-violet, par exemple, de λ déterminée, est capable, suivant la nature des corps où elle s'absorbe, de produire des effets variés : effets chimiques, phénomènes de luminescence, ionisation des gaz, etc.

Les rayons X ne font pas exception à ces lois générales quand ils s'absorbent. L'énergie disparue nous réapparaît sous diverses formes qui lui sont plus ou moins communes avec les autres radiations. Comme elles, ils donnent lieu à des effets secondaires : fluorescence, effets photographiques, effets biochimiques, etc., qui dépendent de la nature des corps irradiés et de leur propre qualité.

Les rayons X, en effet, ont leur gamme comme les rayons lumineux; ils ont leur échelle de longueurs d'ondes. Si aucun prisme ne peut étaler leur spectre, l'étude de leur degré de pénétration montre que cette gamme est très étendue, que l'échelle a de nombreux échelons.

Une décharge électrique qui traverse un tube de Crookes ne donne pas lieu à la production d'un faisceau homogène, monochromatique. Il y a, en réalité, comme l'a montré Villard, dans la décharge électrique qui s'effectue dans un tube à vide, une série d'émissions de projectiles cathodiques à des vitesses variées; à chacune de ces émissions correspond une production de rayons X de longueur d'onde spéciale, de force de pénétration spéciale, la longueur d'onde du rayonnement produit étant d'autant plus petite que la vitesse des projectiles cathodiques générateurs est plus grande, et la force de pénétration de ce rayonnement étant d'autant plus grande que sa longueur d'onde est plus petite.

Ainsi un faisceau de rayons X, tel que nous le donnent les tubes de Crookes employés en médecine, est un faisceau complexe, composé d'une série de faisceaux monochromatiques d'un pouvoir de pénétration différent, et ne pouvant être caractérisé que par son pouvoir de pénétration moyen.

Ce faisceau complexe, lorsqu'il rencontre la matière, y subit une absorption qui n'est pas la même pour chacun des faisceaux simples qui le composent, de sorte que sa composition moyenne varie de couche en couche, et que son pouvoir de pénétration va en augmentant à mesure qu'il se débarrasse ainsi, par filtrage, de ses rayons les moins pénétrants.

Tous les radiographes connaissent aujourd'hui un petit appareil, le radiochromomètre de Benoist, qui permet d'apprécier instantanément la qualité moyenne d'un rayonnement, son degré moyen de pénétration. Je ne le décrirai pas ici.

Un tube de Crookes, suivant que son degré de vide est poussé plus ou moins loin, donne un rayonnement dont le *degré de pénétration moyen* est plus ou moins grand, de sorte que, grâce aux procédés de réglage du vide intérieur dont nous disposons aujourd'hui, nous pouvons à volonté produire un rayonnement très absorbable, moyennement absorbable, ou peu absorbable.

La question capitale qui se pose alors est celle-ci : Une même quantité d'énergie étant abandonnée à la matière, soit par un faisceau peu pénétrant à plus grande longueur d'onde, soit par un faisceau très pénétrant à plus petite longueur d'onde, les effets produit sont-ils les mêmes?

Allons-nous, dans les deux cas, constater des effets chimiques, des effets fluoroscopiques, des

Digitized by Google

effets ionoscopiques, thermiques, etc., comparables et variant seulement suivant la dose d'énergie globale absorbée; ou bien allons-nous assister à des phénomènes analogues à ceux que nous constatons dans la gamme lumineuse, les effets chimiques croissant avec la fréquence oscillatoire, tandis que les effets caloriques croissent avec la longueur d'onde?

Avant tout, je dois établir une distinction fondamentale entre la quantité globale d'énergie absorbée et la quantité affectée à la production de tels ou tels effets.

Supposons qu'un faisceau de radiations, en traversant une couche déterminée de matière, y perde une quantité globale d'énergie égale à Q. Cette énergie abandonnée produira dans la matière des effets chimiques ε, des effets thermiques ε', des effets de rayonnement secondaire ε'', etc., dont la somme $\Sigma\varepsilon$ représentera l'équivalent énergétique de la quantité Q disparue.

Quand nous nous proposons de doser un rayonnement X en vue de mesurer les effets biologiques que nous désirons produire, nous devons simplement doser la partie de l'énergie absorbée q affectée à la production des effets biochimiques considérés. La quantité globale d'énergie absorbée Q ne nous intéresse que très secondairement. Pour la connaître, il faudrait d'ailleurs connaître toutes les mutations de l'énergie disparue.

Or, ce dosage de la quantité intéressante q peut se faire de deux façons différentes : 1° par la mesure d'un phénomène chimique dosable et très voisin du phénomène biochimique étudié, ces deux phénomènes pouvant être regardés, pratiquement, comme liés à la quantité q par le même rapport; 2° par la mesure d'un autre effet ε', ε'', ... dû à une autre partie q', q'', ... du faisceau absorbé, mais à condition que les rapports $\frac{q}{Q}$, $\frac{q'}{Q}$, $\frac{q''}{Q}$... varient parallèlement quand on passe des rayons très pénétrants aux rayons peu pénétrants ou inversement; sans quoi il faudrait, pour chaque qualité de rayons, introduire un coefficient de correction qui exigerait de la part de l'opérateur une surveillance rigoureuse de l'état de vide du tube et compliquerait singulièrement les calculs.

De ces considérations, il résulte que le plus simple serait certainement de trouver un réactif dans lequel les effets produits, visibles et dosables, soient une fonction directe de la quantité d'énergie q qu'on se propose de mesurer. A ce point de vue, les réactifs chimiques, papiers, pastilles, etc., ont leur supériorité, puisque, d'une façon générale, on peut considérer que les effets biochimiques et les effets chimiques sont parallèles. Mais nous savons que le réactif chimique idéal n'existe pas : les réactifs doués de quelque précision ne sont pas pratiques, et les réactifs pratiques sont dépourvus de toute précision.

Aussi, depuis longtemps, s'est-on préoccupé de doser les effets des rayons X par des réactifs autres que les réactifs chimiques. Villard, Danne se servent de la mesure de leur pouvoir ionisant; leur pouvoir fluoroscopique sur le platinocyanure de baryum a été utilisé tant pour les rayons ultra-violets que pour les rayons X par différents auteurs : Nogier, Contremoulins, Broca, Turchini, Courtade et moi-même[1].

Je ne m'occuperai ici que du procédé fluoroscopique, parce que je l'emploie depuis trois ans d'une façon continue, parce que j'ai pu en étudier la valeur pratique et qu'il m'a permis d'établir un système d'unités dont j'ai apprécié les avantages.

Y-a-t-il donc parallélisme entre la quantité q d'énergie produisant des effets biochimiques, et la quantité q'' produisant des effets fluoroscopiques sur le platinocyanure? Si le parallélisme n'existe pas plus que dans la gamme visible entre les effets thermiques et les effets chimiques, il faudra rejeter la méthode comme on rejetterait l'emploi du thermomètre pour mesurer la puissance actinique du rayonnement solaire.

J'ai présenté à la Société de Biologie une série d'épreuves radiographiques obtenues avec une même quantité de rayonnement X de qualité variée, cette quantité étant déterminée par la mesure de son pouvoir fluoroscopique. L'impression radiographique produite sur la même feuille sensible, soumise uniformément au même développement, est à peu près la même. On peut seulement dire que le pouvoir radioscopique est un peu supérieur pour des rayons très pénétrants, et le pouvoir radiographique un peu supérieur pour des rayons peu pénétrants. En un mot, le rapport $\frac{q}{q''}$ va en augmentant légèrement quand on passe des plus courtes longueurs d'ondes aux plus grandes; mais cette augmentation peut être regardée comme négligeable pour des faisceaux voisins, lorsque, par exemple, on passe du n° 4 au n° 6 ou 7. Le parallélisme est donc suffisant pour les besoins de la pratique et de l'expérimentation.

Je me suis assuré, d'autre part, étant donnée l'émission discontinue des rayons X par les tubes, que l'influence de la fréquence des décharges dans l'unité de temps ne trouble pas ce parallélisme, en

[1] Courtade et moi, en 1905, chacun de son côté, nous avons les premiers employé le radium pour établir une plage fluorescente étalon (Courtade a publié ses travaux avant moi. Depuis, il a abandonné cette méthode et s'est servi du radium comme étalon de comparaison pour un réactif chimique).

Digitized by Google

faisant entrer en jeu un phénomène subjectif : la sensation d'intensité lumineuse due à la succession d'impressions distinctes. Ce parallélisme subsiste, tout au moins à partir du moment où la fréquence donne à l'œil l'impression d'une fixité suffisante, ce qui est le cas de tous les interrupteurs actuellement employés.

III. — Description de l'appareillage de mesure.

Soit le tube A excité par une bobine d'induction. Il est pourvu, ainsi que la soupape B, d'un osmorégulateur. Ces deux osmo-régulateurs sont munis de chalumeaux à veilleuse commandés à distance par le double robinet à gaz C. L'opérateur a ainsi sous la main les régulateurs du degré de vide des tubes, en même temps que le rhéostat du primaire, l'interrupteur de la bobine, les spintermètres du tube E et de la soupape F, et le milli-ampèremètre du circuit secondaire G; et il lui est facile de maintenir constantes la qualité et l'intensité du rayonnement.

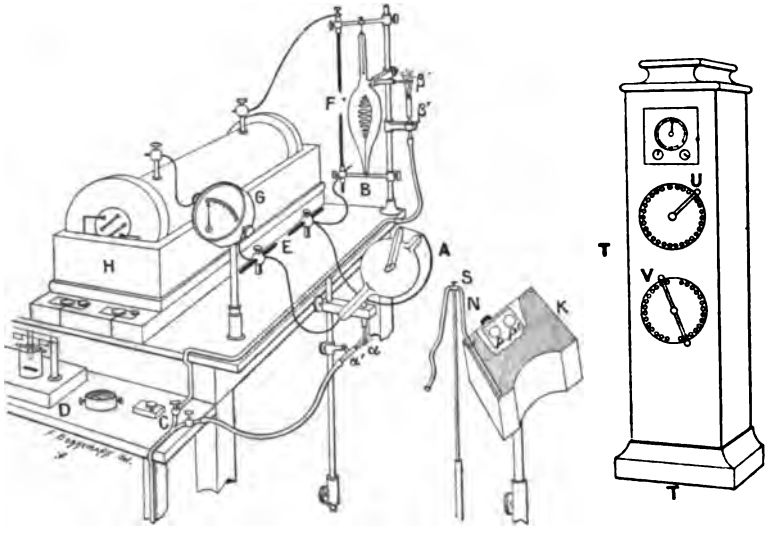


Fig. 1. — *Appareil pour le dosage des rayons X.* — A, tube de Crookes; α, son osmorégulateur; α', le chalumeau de l'osmorégulateur; B, soupape; β et β', osmorégulateur et chalumeau de la soupape; C, double robinet de commande des chalumeaux à veilleuses α', β'; D, interrupteur de la bobine; E, F, spintermètres du tube de Crookes et de la soupape; G, milliampèremètre du secondaire; H, bobine; K, intensitomètre avec : *p p'*, ses deux plages fluorescentes; N, ruban métrique; S, pince pour fixer le ruban métrique de manière que le 0 corresponde au centre de l'anticathode; T, totaliseur d'unités M; U, système de résistances portant les numéros du ruban métrique N et graduant le courant du totaliseur proportionnellement aux carrés des distances; V, système de résistances portant les distances opératoires (distance de l'anticathode aux tissus ou aux réactifs) en graduant le courant d'une façon inversement proportionnelle aux carrés de ces distances.

C'est devant le tube A ainsi excité et réglé que nous plaçons notre intensitomètre. Cet instrument se compose d'une boîte à vision binoculaire K, dont le fond est doublé d'une lame de plomb et percé de deux orifices voisins *pp'*. Derrière ces orifices se trouve un écran de platinocyanure de baryum dont le côté fluorescent est tourné vers l'observateur. On aperçoit ainsi deux plages luminescentes voisines : l'une est irradiée par un sel de radium placé à une distance fixe, et qui lui donne un degré de luminescence constant et rigoureusement étalonné; l'autre est soumise au rayonnement X. Ces deux plages sont d'ailleurs interchangeables, et l'écran est amovible. On peut ainsi l'exposer à la lumière du jour dans l'intervalle des séances, pour assurer sa constance et éviter son brunissement.

On vise le tube en fonctionnement, et on s'éloigne de ce tube jusqu'à ce que les deux plages fluorescentes aient la même luminosité. A ce moment on lit sur le ruban métrique N la distance à laquelle on se trouve du centre de l'anticathode. Cette mesure se fait facilement : le ruban N est fixé sur son trajet à une pince S, de telle façon que le zéro de la graduation corresponde au centre de l'anticathode, et un bobinage à ressort le tient toujours doucement tendu entre la pince et la boîte K. Cette comparaison des deux plages se fait sans aucune difficulté. Des observateurs même peu habitués ne font pas des erreurs supérieures à 5 % de la distance en général.

Cette distance, ainsi mesurée, nous l'appellerons la distance d'équivalence et nous la désignerons par la lettre ε. Elle s'exprime en centimètres et varie pour les tubes et les générateurs couramment employés entre 50 et 200 centimètres environ.

Voici l'usage que nous faisons de cette distance:

Admettons un moment que nous choisissions comme unité d'intensité de champ radiant le champ donnant la même luminosité que l'étalon de radium. On sait que, à une distance deux fois plus petite, on aurait 4 unités d'intensité, à une distance trois fois plus petite 9 unités, et ainsi de suite. En général, à une distance *d*, on aurait une intensité égale à $\frac{\varepsilon^2}{d^2}$, c'est-à-dire proportionnelle au carré de la distance d'équivalence, et inversement proportionnelle au carré de la distance *d* que nous pouvons appeler la distance opératoire.

On peut, en effet, considérer que, malgré l'absorption des rayons X par l'air, la loi du carré de la distance est applicable. J'ai montré à la Société de Biologie une série d'épreuves obtenues à des distances très différentes avec un tube donnant le

Digitized by Google

même rayonnement, le temps de pose étant calculé par application de la formule du carré des distances. Ces épreuves m'ont permis de conclure qu'en pratique il est inutile d'apporter une correction au calcul du fait de l'absorption par l'air.

Cela posé, je dois m'arrêter un moment au choix de l'unité que j'ai adoptée avant d'aller plus loin dans la description du procédé.

IV. — Choix de l'unité de mesure.

Ce sont des considérations pratiques qui m'ont fait choisir la grandeur de mon unité : avant tout, j'ai cherché un degré de luminescence étalon tel que l'observation en soit facile sans une trop longue adaptation. La fluorescence, telle qu'elle est produite par 2 centigrammes de sel de radium d'activité 500.000, étalé sur une surface de $1^{cm^2},75$ et placé à 2 centimètres en arrière d'un écran monté sur une feuille mince de bristol de $0^{mm},3$, convient bien à ces mesures. On peut réduire la puissance du sel de radium, comme je l'ai fait depuis, en supprimant la feuille de bristol.

Il ne faut d'ailleurs pas encore songer à établir une plage lumineuse étalon autrement que par comparaison, les données numériques que je viens d'indiquer variant suivant les sels radifères. Mais il y a lieu d'espérer que nous arriverons dans l'avenir à une définition de ce degré de luminosité en fonction de ces données.

J'avais pris, tout au début de mes recherches, le rayonnement capable de produire cette fluorescence-type comme *unité d'intensité*; l'*unité de quantité* correspondait à la quantité de rayonnement qu'elle donnait en une minute. Mais il fallait 500 unités environ pour faire un H de Holtzknecht. Il en fallait 4 pour obtenir la radiographie d'une région de 1 centimètre d'épaisseur telle que le doigt. Je l'ai trouvée trop petite et j'ai définitivement adopté pour unité le quadruple de cette intensité.

Je vais à présent donner le moyen de la rattacher au système G.G.S. Les travaux de Bordier et Galimard m'ont offert une voie déjà très aplanie.

L'*unité d'intensité* de rayonnement, que je désignerai par la lettre $\mathfrak{M}$, est l'intensité d'un rayonnement incident de qualité moyenne qui, agissant normalement sur la solution chloroformique d'iodoforme à 2 °/₀ de Freund-Bordier et suivant 1 centimètre carré de surface et 1 centimètre de profondeur, libère 1 gramme $\times 10^{-8}$ d'iode en un temps égal à une seconde.

L'*unité de quantité* de rayonnement est la quantité donnée en une minute (unité pratique employée en médecine) par 1 $\mathfrak{M}$ d'intensité. Je la désigne par la lettre M[1]. De sorte que 1 M libère 60.10^{-8} grammes d'iode et correspond à 0,006 de l'unité I de Bordier ou à $\frac{1}{125}$ de l'unité de Holtzknecht.

V. — Applications.

§ 1. — Procédé d'application.

L'intensitomètre nous donne donc la distance d'équivalence ε, et, sachant que le champ radiant a, à cette distance, une intensité égale à $\frac{1}{4}$ d'$\mathfrak{M}$, il suffirait d'effectuer le calcul $\frac{1}{4} \times \frac{\varepsilon^2}{d^2}$ pour connaître l'intensité du champ à la distance où l'on opère.

J'ai dressé une table où les distances d'équivalence ε et les distances opératoires d sont portées en colonnes verticales et horizontales. Il suffit de consulter cette table pour savoir immédiatement l'intensité du champ là où l'on opère. Il n'y a donc pas de calculs à effectuer. Si l'on trouve, par exemple, pour $\varepsilon = 120$ et $d = 40$, le chiffre $2\frac{1}{4}$ $\mathfrak{M}$, cela signifie que, à 40 centimètres, l'intensité est de $2\frac{1}{4}$ $\mathfrak{M}$, que, en une minute, le faisceau donne à cette distance 2 unités 1/4 de quantité. Si, pour $\varepsilon = 100$, on opère à une distance $d = 10$ centimètres, on trouve le chiffre 25 au croisement des deux colonnes, ce qui signifie qu'en cinq minutes on soumettra le sujet à 125 M, ou 1 H de Holtzknecht.

Il suffit donc, on le voit, de consulter la table des distances et de suivre l'opération, la montre à la main, en faisant le produit des unités par les minutes.

Pour éviter ce dernier travail, j'ai construit un totaliseur automatique, que l'on voit en T sur la figure. C'est un compteur d'énergie électrique, dans lequel circule un courant réglé à l'aide de résistances les unes sériées, les autres shuntées, de telle sorte que la manette U, glissant sur les plots numérotés en centimètres d'équivalence, règle le courant en fonction de ε^2, tandis que la manette V, glissant sur des plots numérotés en centimètres de distance opératoire, règle le courant en fonction inverse de d^2. Un galvanomètre donne l'intensité du champ à la distance où l'on opère. Un autre

[1] On me reprochera peut-être d'avoir fait entrer la minute dans la définition de l'unité de quantité. La raison en est qu'en médecine il nous est difficile de manier la seconde. Ainsi, quand nous faisons l'électrolyse, comptons-nous les coulombs employés? Non. Nous appliquons un courant de 10, 20, 100 milliampères pendant dix, vingt, trente minutes. Nous faisons passer 20^{mA} pendant dix minutes ou 10^{mA} pendant vingt minutes pour avoir un nombre 300 d'unités sans nom qu'on pourrait appeler le milliampère-minute et qui est notre unité pratique de quantité. Il en est de même ici.

Digitized by Google

galvanomètre donne le pouvoir du tube en ℳ à 10 centimètres. Le compteur totalise les unités de quantité en fonction du temps et de l'intensité du courant débité.

C'est à l'aide de ce totaliseur que je fais depuis un an toutes mes applications de radiothérapie.

§ 2. — Principales applications.

1° *Radiographie.* — La formule pratique qui me donne le temps de pose est si simple que j'ose à peine la présenter sous cette forme : je donne autant d'M que j'ai de centimètres d'épaisseur : 4 M pour un poignet de 4 centimètres, 2 M pour un doigt de 2 centimètres. Je mets de 2 à 4 M de plus au-dessus de 10 centimètres suivant l'opacité de la région. La première fois que j'ai donné cette formule à la Société d'Électrothérapie, elle a surpris et a soulevé quelques discussions parce qu'à première vue elle paraît inadmissible.

Je veux seulement indiquer ici l'explication du fait, la formule exacte devant résulter de travaux en cours sur la composition des faisceaux de rayons X tels que nous les donnent nos appareillages.

Une quantité de rayonnement de $0^{\alpha},5$ suffit pour donner une bonne impression sur nos plaques ordinaires. Admettons grossièrement qu'un faisceau moyen de rayons X transmette 45 °/₀ du faisceau incident au delà du premier centimètre de tissu moyen[1], 55 °/₀ du faisceau résiduel au delà du deuxième, 63 °/₀ au delà du troisième, 70 °/₀ au delà du quatrième, etc.; nous trouverions ainsi que 1 M incident donne $0^{\alpha},45$ sur la plaque derrière 1 centimètre de tissu; que 2 M incidents donnent $0^{\alpha},49$ derrière 2 centimètres; que 3 M donnent $0^{\alpha},47$ derrière 3 centimètres; que 4 M donnent $0^{\alpha},46$ derrière 4 centimètres, etc., c'est-à-dire que, pour avoir à peu près la même impression sur la plaque, il faut un nombre d'M incidents variant à peu près comme le nombre de centimètres de tissus traversés. La formule est grossière dans sa simplicité; elle doit évidemment varier suivant les régions, elle n'en offre pas moins une base commode d'appréciation. Pour mon compte, depuis que je l'emploie, je n'ai d'échecs en radiographie que ceux que je prévois d'avance à cause de la nature de la région.

2° *Radio-expérimentation physiologique et Radiothérapie.* — Nous ne faisons pas, jusqu'à présent, dans la pratique, la quantitométrie rationnelle, je veux dire la mesure de la quantité de rayonnement abandonnée au tissu traversé. Nous ne faisons que la quantitométrie du faisceau incident. Quand, avec les pastilles de Sabouraud et Noiré, ou avec les pastilles de Bordier, ou avec le papier de Kienböck, nous déterminons le nombre d'H « absorbés », nous ne faisons pas autre chose que de mesurer une quantité incidente telle qu'elle subisse *dans le réactif* une absorption correspondant au degré de virage obtenu. Nous savons que, dans ces conditions, on obtient en général tels ou tels effets biologiques sur tels ou tels tissus, mais nous n'avons aucune indication sur la quantité de rayonnement vraiment absorbée *dans le tissu* étudié; nous n'avons pas acquis ainsi les données nécessaires pour établir une relation entre l'énergie disparue et l'effet produit.

Pour pratiquer la quantitométrie rationnelle, il faudrait placer le réactif avant et après la couche de tissu étudié, et en déduire la quantité perdue dans la traversée. Quelques auteurs ont déjà fait des travaux en ce sens. Ils savent le temps qu'ils ont passé à mener à bien un nombre restreint d'expériences.

Au contraire, le procédé fluorométrique permet de faire instantanément soit la quantitométrie du faisceau incident, soit la quantitométrie rationnelle.

La *quantitométrie du faisceau incident*, ou quantitométrie ordinaire, se fait par le simple examen du tube. On lit la distance ε correspondant à sa distance d'équivalence, on consulte la table, et on obtient ainsi immédiatement le nombre d'M que donne ce tube à la distance où l'on opère en une minute. On totalise, à l'aide de la montre ou du compteur, le nombre d'M débités durant tout le temps de l'expérience.

Les premiers effets cutanés se manifestent avec 350 à 400 M incidents. Les épithéliomas superficiels se traitent soit avec doses fractionnées de 100 à 200 M, soit avec des doses massives de 400, 600 et même 800 M de rayons peu pénétrants. Lorsqu'on veut agir sur une tumeur profonde en évitant de blesser les téguments, on aura intérêt à éloigner l'ampoule, à employer des rayons pénétrants, et à frapper la tumeur en irradiant successivement sous des incidences appropriées des régions différentes des téguments, de manière à ne soumettre chaque région cutanée qu'à un maximum de 1.000 M par mois, tout en faisant absorber à la tumeur le maximum de rayonnement.

La *quantitométrie rationnelle* se fait très simplement en déterminant la distance équivalente ε d'abord à vide, ensuite en interposant une couche plus ou moins épaisse du tissu étudié. J'ai mesuré ainsi la quantité de rayonnement absorbée par 1, 2, 3 centimètres de muscle, de foie, de rate, de graisse, de poumon, etc., par les coques de graines, par les cotylédons, par des lames d'aluminium de 1/10 à 50/10 de millimètre d'épaisseur. J'ai pu tirer de là des courbes de pénétration exprimées en unités ℳ pour des faisceaux de qualité très variée.

[1] J'entends par là un tissu qui aurait un coefficient de perméabilité moyen entre le muscle, la graisse, le foie, le poumon, la rate, etc., dans le seul but de fixer les idées.

Digitized by Google

Ces courbes de faisceaux réels se rapprochent beaucoup moins vite de l'axe des abscisses que les courbes de faisceaux monochromatiques voisines établies par le calcul. Elles donnent la représentation graphique du durcissement opéré par le filtrage et permettent de corriger certaines erreurs assez répandues sur la propriété des filtres. Elles nous offrent un moyen de déterminer approximativement la composition d'un faisceau complexe, et de faire, si l'on veut me passer l'expression, la spectroscopie de ce faisceau.

Grâce à ce procédé de dosage, j'ai pu me rendre compte, en particulier, de ce fait que les grandes différences qu'on remarque entre les actions biologiques des radiations de qualité variée sont plus apparentes que réelles. Considérables si l'on dose le faisceau incident, elles s'effacent si l'on dose la quantité d'énergie absorbée : c'est du moins ce que j'ai observé en physiologie végétale; l'action des rayons X et celle des rayons α, β, γ du radium est à peu près la même si l'on fait absorber les mêmes doses de rayonnement par unité d'épaisseur de la substance des cotylédons. Ainsi se trouve ébauchée la solution du grand problème de la spécificité des radiations.

Ces quelques exemples, pris au hasard au milieu des multiples applications dont est susceptible une méthode relativement précise, suffiront, je l'espère, à montrer la valeur de la fluorométrie appliquée aux rayons X. Elle nous met entre les mains, pour la radiothérapie, un procédé vraiment pratique; et, avec la quantitométrie rationnelle qu'elle nous permet d'aborder facilement en expérimentation biologique, elle nous fait pénétrer dans un domaine encore inexploré, où chaque pas est une surprise, et où chaque surprise prépare une découverte. Je n'ai pu signaler que quelques-uns des résultats acquis. A côté de ceux-là, il y en a d'autres qui attendent les chercheurs, comme il y a, devant l'explorateur, des sites inconnus que ne révèlent pas d'avance les cartes où l'espace vague est en blanc.

Dr H. Guilleminot,
Attaché au Laboratoire
des Travaux pratiques de Physique médicale
à la Faculté de Médecine de Paris.

L'INTERVENTION DE LA CHIMIE ORGANIQUE DANS LA PHOTOGRAPHIE

C'est un fait connu depuis longtemps que certains corps exposés à l'action des rayons lumineux subissent des modifications plus ou moins profondes. Un alchimiste, Fabricius, aurait remarqué déjà en 1556, d'après Arago, que l'argent corné, autrement dit le chlorure d'argent, se colore sous l'influence de la lumière. Scheele, en 1777, reconnait que l'argent corné est plus sensible aux rayons bleus et violets du spectre solaire qu'aux rayons rouges.

L'invention de la photographie découle de l'observation de ce phénomène; mais la photographie n'a pu atteindre le degré de perfection qu'elle possède de nos jours qu'après de longs et patients efforts. Sans refaire l'historique de la découverte, rappelons en passant les efforts infructueux de Charles, de Wedgwood, d'Humphry Davy et de James Watt, qui tous s'essayèrent à obtenir des épreuves plus ou moins imparfaites de silhouettes ou de dessins en se servant d'un sel d'argent que la lumière décompose.

En dehors des sels d'argent, nombre de substances sont altérées ou modifiées sous l'action de la lumière; parmi les substances organiques qui jouissent de cette propriété, les résines avaient été déjà observées par Hagemann en 1782. Les phénomènes d'insolubilisation ou de changements de couleur qui se passent quand la lumière agit sur des composés organiques servirent de base au premier procédé photographique connu.

Il faut aller jusqu'à Joseph Nicéphore Niepce pour trouver un inventeur obtenant des résultats plus satisfaisants et moins éphémères que ceux de ses devanciers. Un des premiers, si ce n'est le premier, il obtient, dans une chambre noire imparfaite, des images inversées comme nos clichés actuels, dans lesquels les couleurs claires sont représentées par des plages foncées et réciproquement. Niepce essaie d'abord le chlorure d'argent, puis l'abandonne pour passer à un autre corps dont la nature n'est pas expliquée dans ses lettres, fait quelques expériences avec la racine de gaïac, le phosphore, puis avec le bitume de Judée. En 1826, après dix ans d'efforts continus, c'est cette matière qui va servir de base au premier procédé photographique connu. Le bitume de Judée, étalé en couche mince et soumis à l'action de la lumière solaire, s'oxyde, blanchit et donne en traits blanchâtres l'image formée dans la chambre noire.

En deux mots, voici le procédé : Sur une lame

Digitized by Google

d'étain, on appliquait une couche de bitume de Judée, puis on exposait cette préparation sensible dans la chambre noire. L'action lumineuse était lente, et ce n'est qu'au bout d'un temps fort long que l'on avait une épreuve acceptable. En plongeant la plaque dans un mélange d'essence de lavande et de pétrole, les parties frappées par la lumière restaient intactes, tandis que les autres se dissolvaient. Le dessin obtenu était un positif, suivant notre phraséologie actuelle. Les clairs étaient représentés par un enduit blanchâtre et les ombres par les parties dénudées. Ces images étaient faibles; mais, si l'inventeur ne suivit que des inspirations désastreuses pour arriver à leur donner de la vigueur, il avait eu en même temps une idée des plus remarquables au point de vue de ses conséquences pratiques. Il attaquait par un acide affaibli les plaques ainsi traitées et les transformait en planches à l'usage des graveurs. Cette conception fut la mère de l'héliographie.

Niepce avait eu la main heureuse et choisi un des composés de ce genre les plus sensibles à la lumière. Le bitume est influencé par tout le spectre visible; en outre, l'action lumineuse semble produire une polymérisation ou une oxydation, et peut-être les deux. Nous verrons plus loin que ce corps n'a pas été abandonné.

Tel quel, le procédé de Niepce était très défectueux à beaucoup de points de vue; mais il est intéressant d'insister sur sa découverte, car elle nous donne la preuve que les matières organiques servirent à fournir les premières épreuves photographiques.

Le hasard mit Niepce en relation avec Daguerre, et ces deux chercheurs s'associèrent en 1829 pour continuer ensemble leurs essais. Daguerre, qui n'avait apporté que peu de chose à l'association, devient dans la suite un auxiliaire précieux. Il a le premier l'idée des révélateurs; il remarque, en effet, qu'en exposant une plaque au bitume de Judée impressionnée à l'action des vapeurs de pétrole, l'image se développe avec finesse; mais le procédé au bitume de Judée fut complètement abandonné le jour où une circonstance fortuite fit découvrir à Daguerre les propriétés sensibles de l'iodure d'argent. Pourquoi Niepce avait-il eu l'idée de recourir à l'iode pour renforcer ses épreuves au bitume? C'est ce qu'il est difficile de savoir. En tous cas, Niepce et Daguerre avaient de l'iode à leur disposition, et l'on raconte qu'un jour Daguerre, ayant ioduré une lame de métal et laissé par mégarde une cuiller sur la plaque, fut fort étonné en enlevant la cuiller de trouver sa silhouette. J'ignore ce qu'il y a d'authentique dans cette anecdote, et comment le fait s'est passé; mais, ce qui est sûr, c'est que c'est une observation accidentelle qui mit Daguerre sur la voie. Niepce mourut sur ces entrefaites, et Daguerre continua presque seul ses essais, correspondant de loin en loin avec le fils de son ancien associé.

En 1839, le 10 août, Arago communique à l'Académie des Sciences la découverte du daguerréotype, du premier procédé photographique employant les sels d'argent comme matière sensible. Le procédé comprenait déjà une partie des opérations que nous faisons encore actuellement : un *développement* en employant la vapeur de mercure qui vient se fixer sur l'iodure impressionné et constituer l'image, et un *fixage* à l'hyposulfite de sodium pour éliminer le sel d'argent en excès.

Daguerre venait de faire une découverte des plus importantes, car, telle quelle, elle pouvait rendre déjà des services signalés; mais elle avait besoin de nombreux perfectionnements. Sans compter le peu de sensibilité des préparations, qu'il fallait améliorer, la méthode ne donnait qu'une épreuve.

En Angleterre, Talbot avait travaillé de son côté sans connaître les recherches de Daguerre, et, un peu plus tard, il apporta une part importante à la création des procédés actuels Il eut l'idée de la photographie sur papier et utilisa le premier révélateur organique. A la suite de Talbot, citons Blanquart-Evrard, qui termine l'œuvre de Talbot en imaginant de faire une épreuve négative devant servir à tirer des épreuves positives.

En résumé, vers 1844, l'état des découvertes photographiques était suffisamment avancé pour que le germe des procédés actuels fût donné. On disposait de deux sortes de procédés :

1° La photographie aux sels d'argent, comportant la préparation d'une matière sensible, un développement après la pose, donnant une épreuve négative servant au tirage des positifs, et un fixage destiné à éliminer le sel d'argent en excès;

2° La photographie au bitume de Judée, fort imparfaite, mais créée avec l'idée de pouvoir servir à confectionner artificiellement des planches analogues à celles des graveurs.

Nous allons avoir à considérer le rôle de la Chimie organique dans ces deux genres de procédés. Elle intervient dans le procédé aux sels d'argent pour la préparation de la couche sensible et pour le développement. Le second type de procédé, dans lequel la matière sensible est d'origine organique, se subdivise en plusieurs branches que nons examinerons successivement.

I. — Préparation des couches sensibles a base de sels d'argent.

§ 1. — Albumine et collodion, émulsions.

Une fois la sensibilité des sels d'argent connue, le problème était loin d'être résolu, car il fallait

Digitized by Google

mettre ces composés sous une forme susceptible d'emploi. L'application brutale d'une couche de ces composés sur une plaque ou une feuille ne suffit pas. Il faut l'y maintenir et la mettre dans un état de dilution spéciale, de manière à ce que la couche soit égale et translucide.

Ce résultat ne peut s'obtenir que par réaction, en produisant à la surface même du support le sel d'argent. Au début, on faisait flotter une feuille de papier sur un bain d'iodure de potassium, puis sur un bain d'azotate d'argent. On avait ainsi une couche d'iodure bien répartie à la surface du papier.

1. *Albumine.* — En 1848, Niepce de Saint-Victor, neveu du créateur de la photographie, eut l'idée de substituer le verre au papier et d'appliquer sur ce verre une couche d'albumine, additionnée d'un peu de sucre et de gomme et renfermant de l'iode, de l'iodure et du bromure de potassium. La couche une fois séchée, la glace est plongée dans un bain d'azotate d'argent, acidifié par l'acide acétique. Par double décomposition, la couche d'albumine se charge de sels d'argent. Il n'y a plus qu'à laver et à faire sécher. Le procédé primitif reçut des modifications qui ne furent pas suffisantes pour empêcher son remplacement par le collodion. A côté de nombreux inconvénients, il avait pourtant le grand avantage de donner un grain très fin.

2. *Collodion.* — Archer eut l'idée, deux ans plus tard, d'employer le collodion.

Le collodion photographique est une solution de nitrocellulose dans l'alcool éthéré. Cette nitrocellulose est un mélange de celluloses tri et tétranitrées. On doit préparer le collodion longtemps à l'avance, car la solution subit des modifications et ne donne des produits réguliers qu'après cinq à six mois de repos. La solution est alors abandonnée au frais et à l'abri de la lumière pendant six mois. La solution normale est à 2 °/₀ de pyroxyle; elle renferme deux cinquièmes d'alcool et trois cinquièmes d'éther en moyenne. Ce collodion est sensibilisé à mesure des besoins, c'est-à-dire qu'on l'additionne un peu à l'avance de bromures et iodures en quantité convenable (iodures de cadmium ou d'ammonium, bromure de cadmium de préférence), en général 1 à 2 °/₀.

On suit avec le collodion le même mode opératoire qu'avec l'albumine. Une glace bien propre est recouverte d'une couche de collodion; quand la couche a fait prise, ce qui est rapide, vu la grande volatilité du solvant, on immerge la glace dans un bain de sel d'argent.

La couche a son maximum de sensibilité tant qu'elle est humide, grâce à la présence d'azotate d'argent libre; le lavage lui fait perdre de la sensibilité. La dessiccation diminue encore considérablement la sensibilité. On arriva néanmoins à corriger ce défaut par l'introduction de matières telles que : baume de Tolu, baume du Pérou, albumine, tanin, miel concentré, malt, infusion de café, infusion de tabac gommée, sucre, etc.

Les procédés au tanin, à l'albumine, eurent leur célébrité et rendirent des services au début de la photographie; mais leur lenteur excessive les condamna à céder le pas aux émulsions dès que l'on sut préparer convenablement ces dernières.

Le collodion sec au tanin, comme exemple, s'employait de la manière suivante : après avoir collodionné et sensibilisé une glace, on la débarrassait par lavage de toute trace d'azotate d'argent libre. On immergeait ensuite dans une solution aqueuse de tanin à 3 °/₀. Ces glaces lentes avaient l'avantage de ne pas se soulever comme la gélatine, ainsi que nous le verrons plus loin à propos du gélatino-bromure.

3. *Emulsions.* — On appelle émulsion une préparation contenant le sel sensible tout préparé, disséminé, à un grand état de division, dans une substance transparente lui servant de support.

Gaudin, dès 1853, avait eu l'idée d'incorporer à du collodion tout préparé du bromure d'argent. Il formait d'abord un collodion au bromure d'argent, puis précipitait ensuite le pyroxyle chargé de bromure d'argent et redissolvait ce pyroxyle.

Depuis, des perfectionnements nombreux furent proposés; mais tous dérivaient de l'idée première directement et ne portaient que sur des détails de préparation; au collodion, on fait des additions successives de matières améliorant la sensibilité ou lui donnant un peu plus de durée. Par exemple, dans une des dernières émulsions proposées, celle de Fabre, le procédé consistait à faire un collodion au bromure d'ammonium et à l'iodure de cadmium, que l'on versait dans une cuvette plate en couche mince. Par évaporation, on obtient une pellicule que l'on sensibilise par un bain d'argent. La pellicule renferme alors des iodure et bromure d'argent dans sa masse. On lave cette préparation, puis la soumet à l'action d'un bain de tanin et d'acide gallique. Le tout est lavé, séché et pulvérisé; on obtient alors une poudre qu'il suffit de dissoudre dans l'alcool et l'éther au moment de s'en servir. La solution est versée ensuite sur une lame de verre; une fois séchée, elle constitue une préparation pouvant se conserver et s'employer d'une manière analogue aux glaces au gélatino-bromure dont on fait usage actuellement.

§ 2. — Gélatino-bromure d'argent.

Toutes les émulsions précédentes n'eurent qu'un temps; elles furent rapidement remplacées par le

Digitized by Google

gélatino-bromure d'argent, dont les qualités sont telles que le procédé est devenu la base des méthodes de préparation des glaces que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce. Cette découverte eut une portée considérable quand on songe aux facilités qu'elle a données; la sensibilité est notablement plus grande, la conservation est assurée et la préparation peut se faire industriellement, permettant ainsi au consommateur de se procurer des produits réguliers sans avoir lui-même à les préparer.

La gélatine n'agit pas seulement comme épaississant et support du bromure d'argent; elle a une action en même temps sur le bromure d'argent, dont elle exalte la sensibilité. La gélatine photographique demande des qualités spéciales de pureté, l'absence de principes solubles, de sels minéraux. On la trouve ordinairement sous deux variétés : les gélatines dures (se gonflant lentement dans l'eau froide) et les gélatines molles (présentant les qualités inverses).

Il est très important d'employer des gélatines n'ayant pas une trop grande fusibilité. Bien des émulsions du commerce ont le fâcheux inconvénient de ne pas résister suffisamment à l'action des températures un peu chaudes de l'été et de se décoller ou même de fondre, soit en présence des bains alcalins de développement, soit dans les bains de fixage.

La chimie de la gélatine a fait de grands progrès, en ce qui concerne la photographie, grâce aux travaux de MM. Lumière et Seyewetz. Ces chimistes ont fait toute une série d'études fort intéressantes au point de vue de l'action des aluns sur la gélatine. On sait, en effet, que, pour combattre la tendance au soulèvement et au décollement de la couche photographique, on recommande l'immersion dans un bain d'alun.

L'alun de chrome possède la propriété précieuse de former avec la gélatine une combinaison résistant complètement à l'action de l'eau bouillante, tandis que les autres aluns rendent la gélatine seulement moins soluble; mais cette action de l'alun de chrome ne peut avoir son plein effet qu'en liqueur non acide.

Les mêmes expérimentateurs ont observé également que, parmi les substances employées pour effectuer le développement de l'image latente, le pyrogallol donne des bains insolubilisant la gélatine pendant le développement. Cette insolubilisation, à peine marquée dans les parties claires du cliché, est complète dans les portions renfermant une quantité suffisante d'argent réduit. Il se forme, pendant l'oxydation du pyrogallol subséquente du développement, une substance qui subsiste en présence du sulfite de sodium et agit, comme la quinone à l'état libre, en insolubilisant la gélatine.

En théorie, les émulsions devraient contenir du bromure alcalin et de l'azotate d'argent en proportions équivalentes; il n'en est rien dans la pratique, et l'on trouve avantage à ajouter un excès de bromure, car l'azotate d'argent en excès donnerait une tendance au voile.

Le gélatino-bromure se prépare en faisant fondre dans l'eau chaude de la gélatine, après y avoir dissous du bromure d'ammonium; on ajoute ensuite une solution d'azotate d'argent. On a ainsi une émulsion crémeuse que l'on soumet à l'action de la chaleur, pour la mûrir, c'est-à-dire pour transformer le bromure en une modification très sensible à la lumière. L'émulsion est ensuite lavée, puis coulée sur les glaces après fusion.

II. — Supports de la couche sensible.

Au début, le papier servit à recevoir la couche sensible; mais rapidement on l'abandonna pour le verre. Ce dernier est encore employé presque exclusivement, malgré deux gros inconvénients : son poids et sa fragilité. Ce n'est pas que des succédanés fassent défaut; mais c'est en grande partie la routine qui empêche la plupart des photographes de se tourner vers des produits nouveaux, d'une manœuvre inaccoutumée.

On s'était rendu compte bien vite de l'embarras que causaient de nombreux clichés et l'on a cherché à séparer le support de la couche, une fois celle-ci renforcée. Un procédé simple consiste à talquer une glace, puis à la recouvrir de collodion. On verse ensuite l'émulsion au gélatino-bromure et l'on traite la glace ainsi préparée comme une plaque ordinaire. Quand le cliché est terminé, on le couvre d'une autre couche de collodion, et, quand ce dernier est sec, on sépare le tout d'un coup de canif. Au besoin, on consolide avec une couche de gélatine. Ce procédé a l'inconvénient d'exiger une préparation spéciale de la couche sensible; il n'est donc pas facilement applicable aux glaces du commerce.

Divers inventeurs ont proposé d'appliquer l'émulsion de gélatino-bromure sur du papier préalablement enduit d'une couche isolante. On traite ces papiers comme une glace et, quand toutes les manipulations ordinaires du développement et du fixage sont achevées, on procède à la séparation de la couche gélatinée. Ces papiers spéciaux, qui ont donné lieu à des accidents, tels que déchirures et non décollements de la couche, ont été supplantés par les pellicules.

Actuellement, on livre des pellicules formées d'une couche de gélatino-bromure appliquée sur du celluloïd ou un produit analogue. La pellicule a,

Digitized by Google

par elle-même, assez de rigidité pour supporter les diverses manœuvres du travail photographique. La substitution du celluloïd au verre a été un gros progrès, dont on ne semble pas avoir assez compris les avantages, principalement en voyage.

III. — Substances sensibles a la lumière d'origine organique utilisées en photographie.

§ 1. — Gélatines et Gommes.

En 1855, Poitevin découvrit que les matières gommeuses, gélatineuses, albumineuses ou mucilagineuses, additionnées de bichromate de potassium, s'insolubilisent sous l'action de la lumière et deviennent capables de recevoir de l'encre grasse.

Ces deux observations sont la base d'une série de procédés très importants, parmi lesquels nous citerons : le procédé au charbon, la photoglyptie, la phototypie, la photolithographie et la photogravure.

Il est assez difficile de savoir comment se comportent exactement les matières précédentes quand on les insole en présence d'un bichromate alcalin. Si l'on s'en rapporte aux résultats acquis par MM. Lumière et Seyewetz avec les gélatines chromatées, il semble qu'il y ait un phénomène de réduction, accompagné de la fixation d'un peu de sesquioxyde de chrome par la matière, ce qui déterminerait son insolubilisation.

1. *Procédé au charbon.* — On applique sur du papier de la gélatine renfermant un colorant insoluble et inaltérable; cette couche mixtionnée est ensuite trempée dans un bain de bichromate de potassium et séchée dans l'obscurité. Insolons maintenant un fragment de ce papier sensibilisé sous un négatif. Partout où la lumière aura frappé, nous aurons une insolubilisation ; en traitant l'épreuve tiède, nous allons désagréger la gélatine et, par suite, le colorant. Il ne restera de couleur qu'aux endroits où la gélatine est insolubilisée. Ce procédé a l'avantage de fournir des épreuves inaltérables, avantage que n'offrent pas les sels d'argent.

2. *Photoglyptie.* — La photoglyptie ou woodburytypie est basée sur le relief que prend la gélatine bichromatée non insolée quand on l'immerge dans l'eau. Ce relief est déjà sensible dans certaines plaques au gélatino-bromure; il est plus accentué dans la gélatine bichromatée.

Après l'exposition à une vive lumière, la couche de gélatine est traitée par l'eau tiède. Le relief se développe sous l'action de l'eau. On pose alors la gélatine sous une plaque de plomb et l'on soumet à l'action de la presse hydraulique. Le plomb prend la forme de la gélatine, épousant les creux et les pleins, et donne un moule qui, après montage, est encré et sert à tirer des épreuves par impression. L'encre dont on fait usage a une composition spéciale; elle renferme de la gélatine.

Une modification heureuse du procédé consiste à appliquer sur la gélatine développée une feuille d'étain et à presser. L'étain épouse tous les reliefs de la gélatine. On dépose alors du cuivre sur l'étain par voie galvanoplastique. Une fois la couche de cuivre suffisante, on sépare l'étain cuivré de la gélatine. Cet étain cuivré forme une planche dont on peut tirer d'autres exemplaires sur la gélatine.

3. *Phototypie.* — La gélatine bichromatée insolée a la propriété de fixer l'encre grasse et donne, par impression, un résultat analogue à celui de la lithographie. On compose la couche sensible avec de la colle de poisson, de la gélatine et de l'albumine, puis ajoute à la solution de ces matières du bichromate de potassium. Après séchage de la couche, on l'insole; le développement se fait à l'eau froide. La gélatine gonfle lentement aux endroits non insolés. Une fois lavée et séchée, l'épreuve est prête pour l'encrage et le tirage à la presse lithographique.

4. *Photolithographie.* — La photolithographie ne rend que le trait; mais elle donne d'excellents résultats pour toute reproduction ne devant pas comporter de demi-teintes. On recouvre une pierre lithographique, par exemple, d'un mélange d'albumine et de bichromate de potasse, puis on expose sous un négatif. L'albumine insolée prendra l'encre et celle qui n'aura reçu aucune action lumineuse la repoussera. Nous nous contentons d'énoncer le principe de la photolithographie, les variantes apportées par la pratique étant nombreuses.

5. *Collogravure.* — Sous ce nom, on désigne un procédé mixte dans lequel interviennent à la fois la photographie aux sels d'argent et la photographie bichromatée.

On part de plaques souples de gélatino-bromure d'argent bichromatées, que l'on expose sous un négatif. Quand l'image apparaît en gris (en observant à la lumière anti-actinique), on lave à grande eau pour enlever l'excès de bichromate et fixe au cyanure de potassium. La planche de gélatine ainsi obtenue est alors montée sur zinc et encrée.

§ 2. — Bitumes.

Le bitume de Judée, qui avait servi à Niepce au début de la photographie, a une grande importance pour l'établissement des reproductions industrielles. Nous avons fait remarquer que, sous l'action de la

Digitized by Google

lumière, il devient insoluble dans la benzine et les essences. Appliqué sur une plaque de zinc, il peut servir comme réserve quand on traite la plaque par les acides, ou bien recevoir l'encre d'imprimerie que repousse le zinc mouillé. Ces deux observations sont le point de départ de la photozincographie et de la photogravure.

1. *Photozincographie.* — Sur une plaque de zinc polie, on verse un mélange de benzine pure et bitume de Judée, additionné au besoin de quelques gouttes de citron. Ce vernis s'étend en couche mince et sèche vite. L'insolation est assez longue. On développe en plongeant dans l'essence de térébenthine et la benzine. L'image se dépouille; on la lave ensuite, la sèche et l'expose à la lumière pour achever la solidification du bitume. On peut alors encrer et tirer sur la planche ainsi faite, ou mieux tirer une épreuve et la reporter sur une pierre lithographique.

2. *Photogravure.* — Dans la photogravure, une fois le développement effectué, on fait agir un acide faible sur la plaque ayant reçu la préparation de bitume de Judée. Après attaque, on enlève le bitume restant et l'on a une plaque avec un dessin en creux propre à l'impression.

3. *Phototypographie.* — La phototypographie est une variante des méthodes précédentes. Elle comprend d'abord le tirage d'une épreuve au bitume de Judée sur planche de zinc. Cette épreuve est alors encrée avec une encre renfermant de la cire. Ensuite, après avoir protégé le dos, les tranches, les grands blancs et une marge, on soumet à l'action de l'eau acidulée dans une cuve à bascule. On fait une série de morsures à l'acide, après avoir encré chaque fois et protégé les parties encrées par une couche de résine. La planche ainsi faite comprend une série de plates-formes correspondant aux diverses morsures, dont les noirs sont en relief, ce qui est avantageux pour l'impression typographique.

IV. — Orthochromatisme.

L'inégale sensibilité du bromure d'argent aux diverses radiations amène fatalement sur le cliché une reproduction infidèle de l'image photographiée. Les tonalités bleues et violettes nous apparaissent très claires sur le positif, à cause de la vigueur de leur action sur le négatif, alors que les tons jaunes et rouges, ayant peu ou à peine agi sur la couche sensible, sont rendus par des noirs ou des tons foncés. L'éclat des couleurs et l'impression de clarté plus ou moins grande que notre œil reçoit sont rendus, d'une manière imparfaite, par les préparations photographiques ordinaires.

Les différents procédés photographiques forment des gammes différentes, suivant la manière dont les préparations sensibles sont impressionnées par les rayons simples du spectre. Ainsi l'on aura des résultats en complet désaccord avec les teintes conventionnelles adoptées, par exemple, dans le dessin.

Si l'on immerge les plaques du commerce dans certaines matières colorantes choisies, ou, mieux, si l'on incorpore à l'émulsion de faibles doses de ces matières, on peut accroître la sensibilité de la préparation pour certaines couleurs.

L'éosine a été, au début de la préparation des plaques dites *orthochromatiques*, la matière colorante préférée. Elle ne corrige qu'une partie des défauts constatés. On a proposé, depuis, nombre d'autres matières.

Pour rendre les couleurs avec la valeur d'intensité que leur donne l'œil, l'orangé et le bleu devraient avoir la même hauteur, le jaune devrait être huit fois plus intense que le bleu, le jaune vert six fois, le vert trois fois, et le violet devrait être dix fois plus faible. Ce résultat est très difficile à atteindre. Les plaques à l'éosine, posées avec un écran jaune, permettent bien d'atténuer l'effet des rayons bleus et violets en augmentant la valeur des jaunes; mais on n'agit pas ainsi sur l'orangé et sur le rouge.

Les matières colorantes qui peuvent avoir une action orthochromatisante appartiennent à un petit nombre de familles chimiques : ce sont celles du diphényl et du triphénylméthane, de l'acridine, de la phénylacridine, de la quinoléine et des dérivés thiazoliques, azothiazoliques ou azoïques. Dans toutes ces matières, on retrouve un groupement commun, dit groupement sensibilisateur.

Les cyanines sont maintenant très employées dans la fabrication des plaques orthochromatiques et panchromatiques. Le Dr Miethe indiqua tout d'abord la quinaldine-quinoléine-éthylcyanine comme sensibilisateur, et cette idée a été le point de départ des recherches entreprises avec les cyanines. Ces composés sensibilisent pour le jaune et le rouge; les lépidines-cyanines bleues étendent leur action au delà de la raie C, dans le rouge du spectre, tandis que les quinaldines-cyanines ne sensibilisent que jusqu'à D 1/2 dans l'orange.

C'est surtout pour obtenir une sensibilité plus grande dans le rouge que l'on a fait des tentatives. Je citerai comme nouvelles cyanines celles que préparent les fabriques Meister, Lucius et Brüning :

p-toluquinaldine-quinoléine-méthylcyanine;

p-toluquinaldine-*p*-toluquinoléine-éthylcyanine;

p-toluquinaldine-*p*-chloroquinoléine-éthylcyanine;

Digitized by Google

p-toluquinaldine-*p*-bromoquinoléine-éthylcyanine.

Le deuxième de ces corps est livré dans le commerce sous le nom d'*orthochrome* T; sa sensibilisation s'étend à l'orangé, au jaune, au vert et au rouge.

Le *pinachrome* est une cyanine donnant d'excellents résultats pour la sensibilisation pour les radiations les moins réfrangibles du spectre jusque vers la raie B.

Le *pinaverdol* exerce son action dans la région verte et jaune du spectre. Enfin, l'*homocol*, éther méthylsulfurique de l'orthochrome, est un sensibilisateur recommandable.

Les matières colorantes servent également à confectionner des écrans pour la photographie orthochromatique et le procédé trichrome.

V. — Révélateurs.

Les moyens d'obtenir une image photographique à l'aide des sels d'argent sont de deux sortes. Dans l'une, une préparation sensible reçoit l'action de la lumière, qui décompose peu à peu le sel d'argent, convenablement choisi, qui constitue le fond de la préparation, en formant un virage à base d'argent réduit directement. Dans l'autre, après la pose, rien n'est visible; il faut recourir à l'action d'un réducteur pour amener la formation d'argent réduit. Les procédés négatifs comportent tous cette opération, qui a reçu le nom de développement; les corps employés dans le développement sont appelés développateurs ou révélateurs.

Cette image invisible, que seul le développement peut faire apparaître, constitue l'image latente. L'action du révélateur est une action réductrice; elle amène la formation d'argent métallique là où la lumière a frappé. Il est assez difficile de préciser sous quel état se trouve l'argent dans la préparation sensible insolée. Les sels haloïdes, qui la rendent sensible à la lumière, passent à l'état de sous-sels, après exposition à la lumière, d'après certains auteurs; suivant d'autres, les sels haloïdes d'argent ayant subi l'action lumineuse sont modifiés dans leur structure moléculaire et deviennent aptes à subir l'action du révélateur. Une autre hypothèse consiste à admettre que la lumière a déterminé dans la couche sensible la formation d'argent métallique en quantité infinitésimale, disséminé dans toutes les zones influencées. Pendant le développement, ces points d'argent métallique deviennent des centres d'attraction, autour desquels se déposent de préférence des particules d'argent réduit. Les éléments d'argent réduit par la lumière sont d'autant plus nombreux que l'action a été plus vive; ils concourent donc à donner une zone plus riche en argent réduit dans les zones fortement impressionnées, alors qu'ils fournissent des plages moins denses dans les régions où la lumière a peu agi et où les centres d'attraction sont moins intenses. Sans nous attarder plus longtemps à rechercher laquelle de ces hypothèses semble la plus acceptable, bornons-nous à constater que l'action du révélateur est une action réductrice.

Toutes les substances énergiquement réductrices ne sont pas des révélateurs photographiques, et des réducteurs comme l'acide phosphoreux, les phosphites, l'acide sulfureux, les sulfites, malgré leur grande oxydabilité, n'ont pas d'action sur le bromure d'argent.

Au point de vue de la pratique, les matières pouvant révéler l'image latente doivent satisfaire d'abord aux conditions suivantes :

1° Être solubles dans l'eau ou dans une solution d'un sel n'ayant aucune action sur la couche formant la préparation sensible;

2° Donner des produits d'oxydation solubles n'agissant pas sur l'image latente.

Le premier révélateur employé fut un révélateur organique, l'acide gallique : $C^6H^2(OH)^3CO^2H$; il servait à Talbot pour développer ses épreuves sur papier.

Le procédé au collodion fit usage de sulfate ferreux ou de sulfate ferreux ammoniacal en solution acétique; le pyrogallol, en solution également acétique, fut aussi employé.

Les composés minéraux pouvant servir de révélateurs sont peu nombreux, et je me contenterai de citer l'oxalate ferreux dissous dans l'oxalate de potassium, qui fut très en faveur aux débuts du gélatino-bromure.

Le pyrogallol $C^6H^3(OH)^3$, employé dans le procédé au collodion, a conservé son utilité jusqu'à ce jour; puis vinrent l'hydroquinone, l'hématoxyline, la phloroglucine, les paraphénylène-diamines, l'amido-β-naphtolsulfonate de sodium ou iconogène, le paramidophénol, qui furent successivement proposés et exploités avec des fortunes diverses.

Jusque-là, aucune étude méthodique n'avait été entreprise pour chercher à trouver un lien entre la propriété des composés organiques capables de révéler l'image latente et leur structure chimique. En 1891, à la suite de patientes recherches, MM. A. et L. Lumière publient un Mémoire détaillé dans lequel ils développent une série de lois comme conséquences de leurs expériences. Ayant traité déjà, il y a dix ans, dans une conférence, particulièrement la question des développateurs organiques[1], je n'insisterai pas sur ce que j'ai déjà eu l'occasion de dire à ce sujet. Je relaterai simple-

[1] *Actualités chimiques*, t. V, 1896, p. 32.

Digitized by Google

ment les conclusions et les points essentiels et développerai seulement les faits nouveaux acquis depuis cette époque :

1° Pour qu'une substance de la série aromatique soit un développateur de l'image latente, il faut qu'il y ait dans le noyau benzénique au moins deux groupes hydroxylés, ou bien deux groupes amidogènes, ou bien encore un hydroxyle et un amidogène;

2° Cette condition nécessaire n'est sûrement suffisante que dans la série para et généralement dans la série ortho.

D'une manière générale, si les substitutions hydroxylées et amidées sont en position para, le pouvoir développateur est maximum; il est moindre si les substitutions sont en situation ortho, et nul dans la série méta;

3° Les propriétés développatrices peuvent persister quand il y a, dans la molécule, plus de deux groupes OH et AzH^2;

4° Quand la molécule résulte de la soudure de deux ou de plusieurs noyaux aromatiques, les remarques précédentes ne sont applicables que si les groupes hydroxylés et amidés existent dans un même noyau aromatique. Quelques exceptions à cette règle sont à noter dans la série du naphtalène;

5° Les substitutions que l'on peut faire dans le groupe CH du noyau aromatique ne paraissent pas supprimer le pouvoir développateur;

6° Les substitutions que l'on effectue dans le groupe OH ou dans le groupe AzH^2 détruisent, en général, les propriétés révélatrices, lorsqu'il ne reste pas dans la molécule au moins deux de ces groupes intacts en position para ou ortho.

Les corps pouvant fournir des révélateurs sont donc en nombre assez considérable, car ces conditions de constitution sont réalisées dans de nombreux composés organiques.

En résumé, la fonction développatrice paraît donc dépendre de la présence, dans le noyau benzénique, des groupements :

$$\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \quad \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} AzH^2 \\ OH \end{matrix}.$$

Ces recherches, fort intéressantes, laissaient en suspens un certain nombre de questions relatives à ce qui peut se passer quand on opère des substitutions.

MM. Lumière et Seyewetz ont étudié :

1° L'influence du groupe carbonyle;

2° L'influence du groupe cétonique;

3° L'influence des substitutions alkylées;

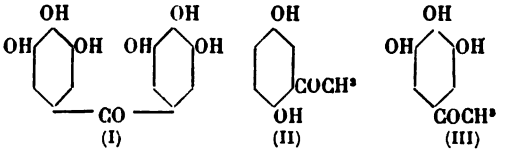
4° L'influence de la salification des groupes de la fonction développatrice par les amines et les phénols.

1° Le groupe carboxylique[1], substitué dans un noyau aromatique, atténue considérablement les propriétés développatrices que confère au noyau l'introduction des oxhydriles phénoliques. Dans certains cas, il les détruit complètement.

Alors que le pyrogallol $C^6H^3(OH)^3$ 1 : 2 : 3 et la pyrocatéchine $C^6H^4(OH)^2$ 1 : 2 sont des révélateurs, dans les acides gallique $C^6H^2(CO^2H)(OH)^3$ 1 : 3 : 4 : 5 et protocatéchique $C^6H^3(CO^2H)(OH)^2$ 1 : 3 : 4, les propriétés développatrices sont diminuées.

2° Le groupe cétonique CO a également une influence amoindrissant, même annihilant, la fonction développatrice[2].

L'hexaoxydiphénylcétone (I), qui renferme deux résidus d'acide pyrogallique, liés par un groupement cétonique, devrait être un révélateur énergique si le groupe CO était inactif. Ce corps n'a aucune propriété développatrice.



(I) (II) (III)

D'autre part, les quinacétophénone (II), gallacétophénone (III), développent l'image latente, alors que les tétraoxybenzophénones ne développent pas du tout.

a) Le groupement cétonique, substitué dans un noyau renfermant une ou plusieurs fonctions phénoliques développatrices, ne modifie pas sensiblement les propriétés que lui confèrent ces fonctions, lorsque ce groupe cétonique est soudé d'autre part à un résidu gras ou à un noyau aromatique ne renfermant pas d'oxhydrile;

b) Le pouvoir révélateur est détruit dès qu'une ou plusieurs substitutions hydroxylées ont lieu dans ce deuxième noyau aromatique, quelle que soit la position relative des oxhydriles.

En résumé, en soudant à un polyphénol un deuxième noyau polyphénolique, par l'intermédiaire d'un groupe cétonique, le pouvoir développateur est détruit.

3° Les substitutions alkylées effectuées dans les groupes de la fonction développatrice des diamines ne détruisent pas cette fonction, quel que soit le nombre des substitutions.

Dans les amidophénols, il y a perte du pouvoir développateur toutes les fois que la substitution a lieu dans le groupement phénolique, en supposant qu'il ne reste pas dans la molécule un autre groupement oxhydrile en position ortho ou para par rapport à l'amidogène;

4° L'étude des amines grasses, des monamines et

[1] *Bull. Soc. franç. Phot.*, 1897, p. 415.
[2] *Ibid.*, 1898, p. 158.

Digitized by Google

des diamines aromatiques permet de voir que, seules, les amines grasses, combinées aux développateurs phénoliques, fournissent des substances pouvant être utilisées pratiquement, sans addition d'alcali, pour le développement de l'image latente.

Cette différence d'action entre les combinaisons des amines développatrices avec les phénols et celle des amines non développatrices avec ces mêmes phénols peut s'expliquer en supposant que, dans toutes ces combinaisons, c'est toujours par les groupes phénoliques qu'a lieu la soudure, de sorte que, si les deux groupes aminés en ortho ou en para formant la fonction développatrice n'existent pas dans le nouveau composé, celui-ci ne jouira plus de la propriété de développer l'image latente sans alcali.

En dehors des corps précédemment énumérés, nous allons donner une suite de produits proposés comme révélateurs de l'image photographique :

Diamidorésorcine. — Ce corps s'emploie à l'état de chlorhydrate $C^6H^2(OH)^2(AzH^2.HCl)^2$ 1 : 3 : 2 : 4 et en solution sulfitique et sans alcali. Il développe doucement, donnant des clichés rappelant ceux qu'on obtient par le diamidophénol. Il est assez sensible à l'action du bromure de potassium, ce qui est un avantage sur ce dernier.

Pyrocatéchine : $C^6H^4(OH)^2$ 1 : 2. — Fournit un bon révélateur en solution sulfitique, additionnée de carbonate de potassium.

Diphénal. — Révélateur à base de diamidoxydiphényle, obtenu par réduction de l'acétate d'oxyazobenzène, proposé par M. Precht, mais non entré dans la pratique.

Orthoamidophénol. — Sous le nom d'*ortol*, on a essayé ce corps, $C^6H^4(OH)(AzH^2)$ 1 : 2, qui fonctionne convenablement en présence d'alcali caustique.

Hydramine. — Combinaison d'hydroquinone et de paraphénylène-diamine $C^6H^4(OH)^2$ 1 : 4 + $C^6H^4(AzH^2)^2$ 1 : 4, préparée par MM. Lumière et Seyewetz.

Adurol. — Dérivé halogéné de l'hydroquinone existant sous deux formes : chloré et bromé.

Pyral. — Ce nom ne désigne pas un produit spécial, mais simplement du pyrogallol amené à un grand état de division.

Métoquinone. — Sous ce nom, MM. Lumière et Seyewetz ont préparé une combinaison de métol et d'hydroquinone :

$$2\left[C^6H^4\begin{cases}OH & (1)\\ AzH.CH^3 & (4)\end{cases}\right] + C^6H^4\begin{cases}OH & (1)\\ OH & (4).\end{cases}$$

Cette combinaison peut développer sans addition d'alcali. Comme elle est soluble dans l'acétone, elle est commode à employer en solution acétonique avec le sulfite de sodium.

Édinol. — Les Farbwerke Friedrich Bayer, d'Elberfeld, ont préparé sous ce nom un chlorhydrate d'oxyméthylparamidophénol $C^6H^2(OH)(CH^2OH)(AzH^2.HCl)$ 1:2:4, qui constitue un très bon révélateur en présence de sulfite de sodium et de carbonate de potassium.

Pyrophane. — Produit de condensation du pyrogallol avec la diméthylamine, proposé par la même Société, et développant en simple solution sulfitique.

Hydrosulfites organiques. — Quelques-uns de ces corps ont été étudiés par MM. Lumière et Seyewetz; les hydrosulfites de diamidophénol, résorcine, triamidophénol, etc., ont vérifié les vues théoriques énoncées plus haut. Aucun d'eux n'a présenté de qualités telles qu'il méritât d'être utilisé dans la pratique.

Triamidobenzène et triamidotoluène. — Préparés par MM. E. König et O. Stachlin, ces deux révélateurs fonctionnent sans alcalis, mais peuvent néanmoins recevoir une addition d'alcali caustique sans voiler, ce qui les distingue des diamidophénol et diamidorésorcine.

Phénols triamidés. — Le triamidophénol (1:2:4:6) donne des résultats inférieurs au diamidophénol et à la diamidorésorcine.

La triamidorésorcine (1:2:3:4:5) présente les mêmes inconvénients.

Combinaisons sulfitées de bases organiques. — Les révélateurs basiques employés jusqu'ici en photographie sont utilisés le plus souvent à l'état de sels (chlorhydrate ou sulfate) et plus rarement à l'état de bases. L'emploi des bases présente l'avantage d'éviter la formation des chlorures ou sulfates alcalins, lors de l'addition d'un alcali pour constituer le bain révélateur. Quand on fait usage des sels, il se produit alors des sulfates et des chlorures qui diminuent de beaucoup l'activité révélatrice. Néanmoins, l'altérabilité trop prononcée de certaines bases oblige à les introduire à l'état de sels dans les bains développateurs.

MM. Lumière et Seyewetz[1] ont cherché à parer à cet inconvénient en partant d'une combinaison de ces corps avec l'acide sulfureux. Ce dernier se combine à l'alcali contenu dans le bain révélateur pour former du sulfite de sodium, ce qui n'a aucun inconvénient, puisque ce sel entre dans la composition normale de tout révélateur.

En faisant agir le gaz sulfureux sur les bases libres (paramidophénol, paraphénylènediamine, méthylparamidophénol), il se forme des composés d'addition : $10C^6H^4(OH)(AzH^2) + H^2SO^3$, $9C^6H^4(AzH^2)^2 + H^2SO^3$, $6C^6H^4(OH)(AzH.CH^3) + H^2SO^3$, qui développent l'image latente. Avec le métol, il se produit un composé du même ordre, qui constitue un révélateur fonctionnant sans sulfite et donnant un développement lent de bonne qualité.

[1] *Bull. Soc. franç. Phot.*, 1906.

Digitized by Google

VI. — Étude chimique du développement a l'aide des révélateurs organiques.

§ 1. — Rôle des alcalis.

Les substances organiques que l'on utilise comme révélateurs de l'image latente ne s'emploient pas à l'état de simples dissolutions aqueuses. La présence de matières additionnelles est nécessaire, et l'on opère généralement en présence de sulfite de sodium, additionné ou non d'un corps à réaction alcaline. L'amidol, ou chlorhydrate de diamidophénol, révèle l'image latente en simple solution sulfitique; le pyrogallol fonctionne en solution sulfitique en présence de carbonate de sodium, et le paramidophénol donne toute son énergie quand on introduit dans sa solution sulfitique un alcali puissant comme la lithine.

On admet généralement que le rôle des alcalis ou de leurs succédanés dans les révélateurs est de saturer l'acide bromhydrique formé lors du développement aux dépens du bromure d'argent. Cette manière de voir a été contestée par Reeb. Cet auteur suppose que les alcalis forment avec les révélateurs des combinaisons salines décomposées ensuite par l'acide bromhydrique.

Ces deux hypothèses ne donnent pas de satisfaction, car les quantités d'alcali qu'exigeraient ces deux réactions, si elles se produisaient, et celles qu'il faut employer pour le développement présentent un grand écart.

MM. Lumière et Seyewetz[1] ont étudié la question plus à fond, et leurs recherches leur permettent de déduire les conclusions suivantes :

Les alcalis caustiques peuvent se remplacer en quantités équimoléculaires dans tous les révélateurs.

Lorsqu'on emploie les carbonates alcalins, les quantités mises en jeu sont beaucoup plus élevées que celles que le calcul indique comme correspondant équimoléculairement aux poids d'alcalis caustiques nécessaires; de plus, les quantités des divers carbonates alcalins à employer ne sont pas proportionnelles à leurs poids moléculaires. Ainsi, le carbonate de potassium remplace le carbonate de sodium en quantité plus faible, alors qu'un poids de potasse plus élevé est nécessaire lorsqu'il faut le substituer à un poids donné de soude. Les proportions de carbonates alcalins à mettre en jeu ne sont pas toujours les mêmes avec tous les réducteurs. Ainsi, si l'on examine les quantités d'alcali caustique qu'exigent les divers révélateurs, par quantité croissante, on est amené à l'ordre suivant :

Métoquinone, métol-hydroquinone, paramidophénol, paraphénylènediamine, hydramine, pyrogallol, hydroquinone, pyrocatéchine, métol, iconogène, édinol, adurol, glycine.

Avec les succédanés que nous apprendrons à connaître plus loin, nous pouvons observer des phénomènes analogues.

Ces différences sont bien difficiles à expliquer, surtout en présence d'isomères comme l'hydroquinone et la pyrocatéchine.

De tout ceci, on ne peut que déduire que les alcalis ou leurs succédanés jouent dans le développement un rôle beaucoup plus complexe et qui n'est pas encore élucidé.

§ 2. — Rôle du sulfite de sodium.

Le sulfite de sodium, que l'on emploie en solution aqueuse dans tous les bains à base de révélateurs organiques, a un double rôle. Il agit comme retardateur de l'oxydation de la solution par l'oxygène de l'air et comme alcali faible.

Les données les plus précises que l'on possède proviennent de séries d'expériences exécutées par MM. Lumière et Seyewetz sur des révélateurs à base de diamidophénol :

1° Le chlorhydrate de diamidophénol, en solution aqueuse, acquiert des propriétés révélatrices notables dès qu'il est additionné d'une quantité de sulfite de sodium suffisante pour saturer l'acide chlorhydrique qu'il renferme, et cela malgré la présence d'acide sulfureux libre;

2° Le pouvoir réducteur du révélateur s'accroît si l'on transforme exactement en bisulfite de sodium cet acide sulfureux libre;

3° L'augmentation du pouvoir réducteur est encore plus marquée si l'on sature l'acide sulfureux par des alcalis caustiques ou carbonatés pour former du sulfite neutre;

4° L'addition de quantités croissantes de sulfite jusqu'à la saturation ne donne pas un révélateur alcalin. Le pouvoir réducteur reste stationnaire au delà de 30 grammes de sulfite pour 5 de diamido; il décroît au delà de 120 grammes;

5° La plus grande partie du sulfite du révélateur normal peut être remplacée par des poids convenables des divers alcalis caustiques, carbonatés ou de leurs succédanés, et donner des révélateurs acides de même pouvoir réducteur;

6° On peut augmenter sensiblement l'énergie réductrice du révélateur normal, en l'additionnant de quantités convenables d'alcalis ou de leurs succédanés. C'est l'ammoniaque, l'acétone et le carbonate de lithine qui paraissent donner les meilleurs résultats;

7° L'acidité plus ou moins grande des révélateurs au diamido-phénol ne semble pas présenter de relation avec leur pouvoir réducteur; par contre, l'altérabilité est d'autant plus grande que l'acidité est plus faible.

[1] *Bull. Soc. franç. Phot.*, 1906.

Digitized by Google

§ 3. — Rôle des acétones et aldéhydes.

On a remarqué depuis longtemps qu'en ajoutant de la formaldéhyde à un développateur organique, on en augmentait considérablement le pouvoir réducteur. MM. Lumière et Seyewetz [1], examinant de plus près l'action des *acétones* et des *aldéhydes*, ont pensé qu'il se produisait une combinaison bisulfitique et que le phénol passait à l'état de sel alcalin. L'expérience a vérifié ces prévisions et l'équation suivante rend compte du phénomène :

$$2\,CH^3.CO.CH^3 + 2\,Na^2SO^3 + C^6H^4(OH)^2 = 2\,NaHSO^3.CH^3COCH^3 + C^6H^4(ONa)^2.$$

Ce mode opératoire a l'avantage de permettre d'utiliser les révélateurs exigeant l'emploi d'alcalis en substituant aux alcalis de l'acétone, par exemple. La pratique n'a sanctionné cette modification que dans le cas du pyrogallol, qui donne ainsi d'excellents résultats. Plus tard, on a reconnu que la métoquinone peut également fournir un excellent révélateur avec l'acétone.

L'addition d'aldéhyde peut avoir une autre action avantageuse pendant le développement; elle tanne la couche de gélatine et évite le décollement. En même temps qu'elle exerce son action tannante, la formaldéhyde amène la coloration de la gélatine avec des révélateurs comme le pyrogallol et le diamidophénol; la coloration est encore sensible avec l'hydroquinone et l'iconogène. Seuls, le paramidophénol et le métol sont utilisables dans ces conditions, car la gélatine ne se teinte pas. Cette action de la formaldéhyde rappelle celle des alcalis et n'est utilisable qu'avec les révélateurs ne voilant pas en présence des alcalis.

La formaldéhyde n'est pas livrée dans le commerce sous une forme commode; la richesse de ses solutions est variable et, de plus, elle renferme des impuretés. Les solutions de sulfite de sodium offrent un réceptacle commode et, en mélangeant de 30 à 60 °/₀ de ce dernier corps au trioxyméthylène, on a un maximum de solubilité. La liqueur renferme alors de 25 à 29 °/₀ de formaldéhyde. Le rôle du sulfite n'est pas de produire une combinaison avec le trioxyméthylène; il en provoque seulement la dépolymérisation. Combiné au sulfite de sodium, en proportions convenables, il constitue le *formosulfite*, qui remplace à la fois les alcalis et le sulfite de sodium dans la préparation des révélateurs [2].

L'aldéhyde [3] ordinaire se comporte vis-à-vis des révélateurs précédents comme la formaldéhyde. Avec l'hydroquinone, elle donne de bons résultats.

[1] *Bull. Soc. franç. Phot.*, 1896, 61.
[2] *Bull. Soc. chim.*, t. XXVII, 1902, et *Bull. Soc. franç. Phot.*
[3] *Bull. Soc. franç. Phot.*, 1897, p. 578.

Les aldéhydes et acétones aromatiques peuvent bien produire le développement de l'image latente, mais leur faible solubilité rend leur utilisation impossible.

Par suite de cette aptitude des aldéhydes et acétones à entrer comme succédanés des alcalis dans les développateurs organiques, MM. Lumière et Seyewetz [1] ont proposé de se servir de cette propriété pour caractériser la fonction aldéhydique ou cétonique.

Dans la série grasse, on observe un développement rapide quand on introduit dans la solution sulfitique de pyrogallol des aldéhydes ou cétones à fonction simple des carbures saturés ou non; méthanal, éthanal, propanal, butanals, pentanals, propènal, propanone, butanone. Des corps tels que la paraldéhyde, les dérivés chlorés des aldéhydes, ainsi que des composés ayant une fonction aldéhydique ou cétonique et une ou plusieurs fonctions alcool, sont sans action ; exemple, le chloral, l'aldol, le glucose, le lévulose. Les corps renfermant deux fois la fonction cétonique et les acides cétoniques sont dans le même cas. Avec une fonction éthérifiée, le pouvoir développateur se manifeste; ainsi, l'éther acétylacétique $CH^3.CO.CH^2CO^2C^2H^5$ permet le développement. Mais les corps renfermant deux fonctions acides et plusieurs fonctions cétoniques ont une action négative.

Si nous passons à la série aromatique, nous trouvons que l'action développatrice se produit seulement avec les aldéhydes à fonction simple ou à fonction mixte quand l'autre fonction est neutre, voire les aldéhydes benzoïque et anisique. L'aldéhyde paraoxybenzoïque, la vanilline, n'ont pas d'action. On n'a pas constaté d'action de la part des mono- ou polycétones aromatiques à fonction simple ou mixte.

A ces exceptions près, la méthode est sensible et l'on a pu déceler 1/25.000 de méthanal, 1/15.000 d'éthanal et 1/250 de propanone.

Pour les aldéhydes, la sensibilité est comparable à celle de la réaction de Schiff.

Comme succédané des alcalis, citons encore le lithium-carbamide de Süss, qui donne les mêmes résultats que la soude caustique, sans en avoir les inconvénients.

L'amido-acétate de sodium peut servir également au remplacement des alcalis dans les révélateurs organiques. Le *pinakol* des Farbwerke Meister, Lucius et Brüning à Höchst est un révélateur au pyrogallol contenant ce sel aux lieu et place des alcalis.

§ 4. — Développateurs sans alcali.

De ce que nous avons vu précédemment, il

[1] *Bull. Soc. chim.*, 1898.

Digitized by Google

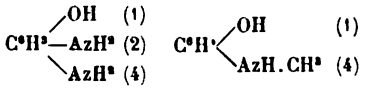
résulte que certains dérivés organiques peuvent révéler l'image latente sans addition d'alcalis à leur solution sulfitique.

Dans leurs premières recherches sur les composés organiques possédant la fonction développatrice, MM. Lumière et Seyewetz avaient cru que les seuls corps capables de fonctionner sans alcali étaient les corps possédant deux fois la fonction révélatrice. Depuis, ils ont reconnu que, parmi les corps qui possèdent cette propriété, se trouvent des composés ne renfermant qu'une fois cette fonction.

De nouvelles recherches, entreprises sur cette question, ont montré que tout réducteur qui ne renferme que des groupes OH ne peut fonctionner sans alcali. Les résultats de leur étude peuvent se résumer ainsi :

1° Une substance renfermant, même une seule fois, la fonction développatrice, peut révéler l'image latente en simple solution sulfitique, si l'un des deux groupes constituant la fonction révélatrice est un amidogène. Celui-ci peut être substitué sans qu'il y ait perte de la propriété développatrice, si la substitution ne détruit pas le caractère basique de l'amidogène.

Exemple :



2° Si la substance ne renferme qu'une fois la fonction développatrice, ou si cette fonction, étant représentée deux fois, n'est constituée que par des groupes OH sans amidogène, le pouvoir développateur est trop faible pour être utilisé ;

3° Le pouvoir réducteur se trouve également augmenté très énergiquement dans le cas où il y a deux fois la fonction développatrice, si celle-ci renferme deux amidogènes. Le révélateur est utilisable alors sans alcali;

4° Le pouvoir réducteur se trouve augmenté, quoique plus faiblement que dans le cas précédent, si la ou les fonctions basiques du révélateur sont salifiées par les oxhydriles d'un composé phénolique possédant lui-même des propriétés développatrices. Le révélateur est utilisable alors pratiquement sans alcali. Exemple : métoquinone;

5° La salification des fonctions basiques d'un révélateur par les oxhydriles d'un composé phénolique ne possédant pas de propriétés développatrices, ou bien la salification des oxhydriles d'un révélateur à fonction phénolique par une amine aromatique ne renfermant pas de fonction révélatrice, ne fournissent dans un aucun cas des composés pouvant développer pratiquement sans addition d'alcali.

VII. — Les matières colorantes organiques dans le développement.

En ajoutant à la solution d'un révélateur une substance colorant le bain en rouge, on rend toute plaque plongée dans le liquide insensible aux radiations lumineuses pas trop intenses. Les *chrysosulfites*, imaginés par MM. Lumière et Seyewetz, sont des combinaisons de sulfite de sodium et d'un picrate jouant le rôle de colorant inactinique. Le bain révélateur se prépare alors comme d'habitude, sauf qu'on remplace le sulfite de sodium anhydre ordinaire par du chrysosulfite. Il suffit de disposer d'un réduit obscur quelconque pour développer à l'aide de chrysosulfite. La cuvette devant servir au développement étant abondamment remplie de liquide, on introduit, dans l'obscurité, la plaque dans le liquide. On peut alors sortir le tout à la lumière du jour (pourvu qu'elle ne soit pas trop vive et n'agisse pas directement) et continuer le développement, que l'on suit aisément. Il est indispensable, une fois celui-ci commencé, de ne pas sortir la plaque du bain; on la voilerait naturellement. On lave et fixe quand le développement est terminé.

Le *monol* est un produit plus complet que le chrysosulfite. C'est un mélange contenant, en même temps qu'un colorant, les réactifs nécessaires pour développer et fixer l'épreuve. Si l'on dispose d'un manchon en étoffe convenable, on peut se passer complètement de laboratoire ; à l'abri du manchon, on sort la glace du châssis et la plonge dans la solution de monol. La cuvette est alors sortie et abandonnée dans un endroit autant que possible peu éclairé. Le développement s'opère alors lentement et le fixage s'accomplit en même temps. Il n'y a donc plus qu'à laver la plaque au sortir du bain de monol.

VIII. — Conclusions.

En résumé, on peut voir, dans ce rapide exposé, que les composés du domaine de la Chimie organique jouent un rôle très important dans la photographie; à part le rôle de matière sensible que les composés d'argent tiennent d'une manière prépondérante dans beaucoup de procédés de la photographie ordinaire, on trouve des combinaisons organiques utilisées dans toutes les phases de la photographie.

Nous tenons, en terminant, à faire remarquer le rôle important de la France dans cette partie de la Chimie et, en particulier, la grande contribution apportée, en ces derniers temps, par MM. Lumière et Seyewetz à la solution des nombreux problèmes de la Chimie photographique[1].

A. Granger,
Docteur ès sciences.

[1] Conférence donnée au laboratoire de M. le Professeur Haller à la Sorbonne.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Fouët (Ed. A.), *Professeur à l'Institut catholique de Paris.* — **Leçons élémentaires sur la Théorie des Fonctions analytiques** (2e *édition*). *Tome* I : **Les Fonctions en général.** — 1 *vol. in*-8° *de* 112 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1908.

En moins de cinq ans, la première édition de ces *Leçons* a été épuisée. C'est un beau succès, qui montre bien que ce traité répond à un réel besoin. Il est destiné à initier les étudiants aux propriétés fondamentales de la Théorie des fonctions analytiques, mais les professeurs y trouveront aussi de nombreux passages d'un grand intérêt par leur simplicité didactique. Grâce aux nombreuses additions qui tiennent compte des recherches les plus récentes, cette nouvelle édition, qui a été entièrement refondue, est appelée à son tour à rendre de grands services.

Le *Tome* I, qui vient de paraître, est intitulé : *Les Fonctions en général.* Il forme, en quelque sorte, une *introduction à la Théorie générale des fonctions*, tandis que les volumes suivants traiteront plus particulièrement des fonctions analytiques. Après des considérations sur le nombre et la fonction, l'ouvrage donne un aperçu de la *Théorie des ensembles.* Comme il convenait d'après les tendances actuelles de la Science, l'auteur a apporté beaucoup de soin à ce chapitre. Il étudie ensuite des théorèmes généraux sur les principaux types de fonctions (fonctions discontinues, intégrables, à variation bornée, etc.), les classifications de fonctions et les définitions concernant les fonctions analytiques.

Dans la première édition, ces quelques chapitres se trouvaient réunis sous le titre d' « Introduction » et comptaient 65 pages. Comme on le voit, l'auteur les a beaucoup développés. Le présent fascicule seul constituerait déjà pour l'étudiant un excellent guide dans une première introduction à l'étude de la Théorie des fonctions.

H. Fehr,
Professeur à l'Université de Genève.

Voisin-Bey, *Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, ancien Directeur général des Travaux de construction du Canal de Suez.* — **Le Canal de Suez.** — 7 *vol. in*-8° *et un atlas de* 40 *planches in-folio.* (*Prix* : 90 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris,* 1908.

L'ouvrage de M. Voisin-Bey est divisé en deux parties comprenant six tomes : les trois premiers sont consacrés à l'historique administratif et aux actes constitutifs de la Compagnie du Canal de Suez ; les trois autres, dont le dernier forme deux volumes, contiennent la description des travaux de premier établissement.

Sept volumes remplis de faits et bourrés de documents, un atlas très complet permettent au lecteur de se rendre un compte exact de la manière dont a débuté et s'est poursuivie la belle œuvre, éminemment française, qui a immortalisé le nom de M. de Lesseps. Toute la persévérance qu'il lui a fallu pour obtenir la concession, pour triompher de l'opposition de l'Angleterre, puis pour mener à bien en plein désert l'exécution d'un canal comportant un déblai de 74 millions de mètres cubes, les difficultés financières des deux premières années d'exploitation, les questions d'établissement des taxes de transit, bref toute l'histoire politique, technique et administrative du canal de 1854 à 1902 se trouve mise en pleine lumière dans l'ouvrage de M. Voisin-Bey.

Une analyse sommaire permettra de se rendre compte de la nature et de la répartition des sujets traités.

I. *Historique administratif et actes constitutifs de la Compagnie.* L'historique administratif comprend les Mémoires de M. de Lesseps sur le projet de percement de l'isthme, les actes de concession, l'enquête universelle auprès des Gouvernements, des Chambres de commerce, des Sociétés savantes et de la Presse, la constitution définitive de la Compagnie, les conventions successives pendant la période des travaux, l'inauguration du canal maritime en novembre 1869, l'exposé des difficultés financières pendant les deux premières années d'exploitation, l'histoire de la Commission internationale pour le tonnage et la mise en application de ses résolutions pour la taxe de transit, les négociations et les conventions avec l'Angleterre, la convention internationale neutralisant le canal, la convention relative au chemin de fer d'Ismaïlia à Port-Saïd.

II. *Description des travaux de premier établissement.* La description des travaux de premier établissement du canal comporte les avant-projets de Linant-Bey et Mougel-Bey, les projets de la Commission internationale et du Conseil supérieur des travaux, les dispositions adoptées à l'exécution pour le canal maritime, pour les ports de Port-Saïd et de Suez et pour le canal d'eau douce, le détail des opérations pendant chaque campagne de 1859 à 1869, les marchés passés avec l'entreprise Borel-Lavalley, l'exécution des travaux de dragage, le remplissage du lac Timsah par les eaux de la Méditerranée, et celui des lacs Amers par celles de la mer Rouge, les travaux d'éclairage de la côte d'Alexandrie jusqu'à Port-Saïd, le compte général des dépenses de premier établissement.

2° Sciences physiques

Chéneveau (C.), *Ancien Préparateur à la Faculté des Sciences, Chef de Travaux pratiques à l'Ecole de Physique et de Chimie industrielles.* — **Recherches sur les propriétés optiques des solutions et des corps dissous.** *Thèse de Doctorat ès sciences physiques de l'Université de Paris.* — 1 *vol. in*-8° *de* 190 *pages. Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1908.

Les mesures d'indices de réfraction offrent un double intérêt : un intérêt pratique, puisque le réfractomètre fournit des renseignements sur la pureté des corps ou la richesse des solutions, et un intérêt théorique, puisqu'on déduit aussitôt de ses indications la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans les différents milieux étudiés. Les travaux qu'on avait publiés jusqu'ici sur *les solutions*, et où l'on avait souvent exagéré la précision des résultats, ne concordaient guère : il manquait une étude expérimentale soignée, faite d'une façon systématique sur un grand nombre de corps, expliquant les désaccords entre les recherches antérieures et conduisant à des règles simples permettant de répondre, autant que possible, à cette question : Comment agit, sur la lumière, la matière à cet état dissous qui se rapproche, par tant de côtés, de l'état gazeux ?

C'est cette étude que vient de faire M. Chéneveau. Ceux qui ont à faire des mesures d'indices de liquides, ceux qui s'intéressent aux propriétés optiques, en général, des solutions, et ceux, enfin, que le côté théorique de la question préoccupe, liront avec fruit cet important travail.

Pour mesurer les indices de réfraction, pour la lumière du sodium, des liquides qu'il a étudiés, M. Chéneveau s'est servi le plus souvent d'un instrument à

Digitized by Google

lecture directe, le réfractomètre de Féry. Il a eu soin d'en contrôler les indications, dans toute l'étendue de l'échelle, par la comparaison avec les résultats fournis par un autre appareil, fondé sur la méthode d'autocollimation, construit spécialement dans ce but. L'appareil de Féry s'est montré d'un emploi commode et sûr. M. Chéneveau estime qu'il présente (en ce qui concerne l'influence de la température ou de l'évaporation) quelques avantages marqués sur quelques-uns de ses concurrents. Les chimistes, qui donnent parfois les indices de réfraction avec un luxe exagéré de décimales, verront qu'il ne faut pas compter, même quand on fait avec soin la correction de température, sur une erreur absolue dans la mesure de l'indice inférieure à 0,0001, et qu'un bon instrument à lecture directe peut parfois comporter une erreur systématique supérieure : c'est ainsi que M. Chéneveau, en utilisant parallèlement le réfractomètre de Pulfrich à réflexion totale, a remarqué que, dans l'instrument qui lui servait, les zéros du vernier et du cercle ne coïncidaient pas : ce qui n'empêche pas l'instrument d'être très bon pour des comparaisons, mais ce qui altère systématiquement d'une quantité constante tous les indices trouvés. Pour cette raison, et aussi parce que les variations de température n'ont alors aucune influence sensible, les mesures de dispersion sont beaucoup plus faciles que les mesures de réfraction : on obtient sans peine, avec une erreur *absolue* inférieure à 0,000.02, la différence des indices pour deux radiations monochromatiques (M. Chéneveau mesure ces différences soit avec l'appareil de Pulfrich, soit avec l'appareil de Féry légèrement modifié).

Les erreurs provenant des incertitudes sur la composition des liquides étudiés sont beaucoup plus importantes que celles qui proviennent des mesures optiques ou bien des mesures de densités. Quand on peut opérer par pesée directe du sel et de la dissolution, l'erreur relative peut parfois être réduite à moins de 1/1000, mais il n'en est pas toujours ainsi : C'est ainsi que, lorsqu'on est réduit, faute de mieux, à faire un dosage chimique du sel dissous, il est parfois difficile d'atteindre même 1 °/₀. C'est là ce qui limite surtout la précision des résultats des recherches de ce genre.

Pour indiquer brièvement ceux que M. Chéneveau a obtenus, j'admettrai d'abord que la loi de Gladstone est exacte, c'est-à-dire que l'on a, pour un corps pur, un fluide, par exemple, que l'on comprime plus ou moins :

$$\frac{n-1}{d} = \text{C}^{\text{te}}.$$

Dans cette relation, d est la densité, et $n-1$ est proportionnel au retard qu'un faisceau traversant l'unité d'épaisseur du milieu réfringent éprouve par rapport à un autre faisceau ne rencontrant pas ce milieu : on peut dire, pour abréger, que $n-1$ représente l'*effet optique* de ce milieu. Qu'arrivera-t-il alors si le milieu est formé de deux constituants, que j'appellerai S et E, d'indices n_s, n_e, de densités d_s, d_e? Ce qu'on peut imaginer de plus simple, c'est que les effets optiques des deux constituants s'ajoutent. S'il s'agit d'un simple *mélange*, c'est-à-dire si le volume V est égal à la somme des volumes v_s, v_e, des deux constituants, nous aurons alors évidemment, en écrivant que tout se passe comme si la lumière rencontrait *successivement* les deux corps :

$$\text{V}(n-1) = v_s(n_s-1) + v_e(n_e-1),$$

ou encore, en appelant D la densité du mélange, P sa masse totale, p_s, p_e les masses des deux constituants :

$$(1) \qquad \text{P}\frac{n-1}{\text{D}} = p_s\frac{n_s-1}{d_s} + p_e\frac{n_e-1}{d_e}.$$

Ce sera la *règle des mélanges*, déduite de la loi de Gladstone.

Or cette règle ne s'applique pas du tout au cas des dissolutions. Ce qui distingue, en effet, une dissolution d'un simple mélange, c'est que la dissolution est accompagnée d'un changement de volume : il y a contraction, par exemple, quand S est un sel solide, E de l'eau. Si alors on cherche à représenter l'indice n de la solution en fonction du volume de l'un des constituants, ou en fonction de la *teneur* p (masse de sel dans 100 gr. de solution), ou encore de la *concentration* C (masse de sel par litre de solution), on obtient des courbes qui ne sont pas des droites, qui ont parfois des maxima très accusés. M. Chéneveau admet encore que les effets optiques des deux constituants s'ajoutent, mais calcule chacun d'eux en admettant la loi de Gladstone et considérant l'indice et le volume de chacun des corps dissous dans les conditions où il se trouve dans la solution. Il trouve alors que la règle simple suivante se vérifie : l'*effet optique* du corps dissous est proportionnel à la concentration C. Si on calcule, en effet, l'expression :

$$(2) \qquad \Delta_i = n - 1 - (n_e - 1)\frac{100-p}{100}\frac{\text{D}}{d_e},$$

on trouve que les courbes représentant Δ_i en fonction de C sont maintenant des droites, que l'on a :

$$\Delta_i = \text{K}_i\text{C},$$

K_i étant une constante caractéristique du corps dissous, pour la radiation étudiée, qu'on appellera la *constante optique* du corps dissous, déduite de la loi de Gladstone. *Cette constante optique varie peu avec la température; elle est indépendante de l'état d'ionisation du corps dissous; elle ne dépend pas (dans le cas des solutions aqueuses) des hydrates qui ont pu se former.* Elle conduit, pour la valeur de l'indice du corps solide, à des valeurs voisines de celles que l'on trouve directement, bien que de nouvelles expériences, où l'on devrait mesurer avec soin la densité du solide, et étudier le même échantillon à l'état solide, puis à l'état dissous, soient encore nécessaires. D'autre part, les mesures, plus difficiles, faites par M. Chéneveau dans le cas des solutions des sels dans d'autres dissolvants que l'eau montrent que la constante optique existe encore, en général, et garde sensiblement la même valeur quand on change la nature du solvant. Lorsqu'on se trouve en présence d'une exception, lorsqu'on ne retrouve plus la constance de K, on a des raisons d'admettre qu'il s'est produit une réaction chimique sensible à l'observation optique.

M. Chéneveau a cherché à relier la constante optique au poids moléculaire M de la substance dissoute. Il appelle *pouvoir réfringent moléculaire* le produit KM, et *pouvoir réfringent équivalent* le quotient $\frac{\text{KM}}{v}$, v étant le nombre de valences reliant dans la molécule dissoute l'anion au cathion. En comparant différents sels soit d'une même base, soit d'un même acide, il trouve que le pouvoir réfringent équivalent d'un composé salin est la somme de deux termes à peu près constants, l'un appartenant au radical acide, l'autre au cathion. Cependant, ces relations d'additivité ne sont pas rigoureuses; on ne peut pas former des modules pour les différents ions.

Tels sont les résultats de M. Chéneveau, exposés en partant de la loi de Gladstone. On sait que l'on considère souvent, à la place de cette relation, celle de Lorentz :

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{1}{d} = \text{C}^{\text{te}}.$$

M. Chéneveau, dans son travail, examine successivement ces deux relations. Dans bien des mesures de *réfraction*, elles se montrent à peu près équivalentes, ce qui n'a rien de surprenant, le facteur $\frac{n+1}{n^2+2}$, par lequel elles diffèrent, variant très peu. Il faut remarquer toutefois que les résultats expérimentaux, en ce

Digitized by Google

qui concerne les mélanges sans contraction, sont mieux représentés (l'approximation est à peu près 1 °/₀, celle des mesures) lorsque, dans la formule (1), on remplace $n-1$ par $\frac{n^2-1}{n^2+2}$, c'est-à-dire lorsque l'on écrit la règle des mélanges sous la forme suivante :

$$P\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{1}{D}=p_e\frac{n^2_e-1}{n^2_e+2}\frac{1}{d_e}+p_e\frac{n^2_e-1}{n^2_e+2}\frac{1}{d_e}.$$

De même, au lieu de considérer Δ_1 et K_1, il y a avantage, pour représenter les résultats des mesures de *dispersion*, à considérer les quantités correspondantes déduites de la loi de Lorentz :

$$\Delta_2=\frac{n^2-1}{n^2+2}-\frac{n^2_e-1}{n^2_e+1}\frac{100-p}{100}\frac{d_e}{D};$$

$$\Delta_2=K_2C.$$

On sait qu'on peut retrouver théoriquement la loi de Lorentz. M. Chéneveau a complété son travail par une partie théorique où une démonstration de cette relation est donnée, et où l'on trouvera, en outre, une étude de la dispersion des solutions, faite en partant de la considération des électrons : Un calcul analogue à celui de Drude le conduit notamment à trouver une limite inférieure du nombre total d'électrons agissant, dans une molécule dissoute, sur la réfraction et la dispersion. La limite ainsi trouvée est une propriété additive des atomes ou des groupes d'atomes qui forment la molécule dissoute : *elle est de l'ordre de grandeur de la valence de la molécule.*

Sans doute, des mesures nouvelles, dans l'ultraviolet notamment, sont encore nécessaires pour préciser ces résultats théoriques; mais cet exemple suffit à montrer que la longue série de mesures faite par M. Chéneveau offre dès à présent un intérêt théorique autant que pratique.

A. Cotton,
Chargé de cours à l'Université de Paris
(Ecole Normale Supérieure).

Thomsen (Julius), *Professeur émérite de Chimie à l'Université de Copenhague.* — **Thermochemistry.** *Traduit du danois par Mlle* K. A. Burke, *assistant au Département de Chimie, University College, Londres.* — 1 *vol. in-12° de* 495 *pages, de la collection : Text-books of Physical Chemistry.* (*Prix* : 11 *fr.* 25.) *Longmans, Green and C°, éditeurs. Londres*, 1908.

Ce volume est la traduction anglaise de l'ouvrage où l'éminent chimiste de Copenhague a résumé les résultats de trente-cinq années de recherches thermochimiques. L'éditeur des *Text-books of Physical Chemistry* ne pouvait mieux faire que de lui donner l'hospitalité dans sa collection. L'œuvre de Thomsen est trop connue pour que nous ayons besoin de la rappeler ici ; nous ne pouvons que nous féliciter de la voir, par cette traduction, mise à la portée d'un plus grand nombre de savants.

3° Sciences naturelles

Vélain (Charles), *Professeur de Géographie physique à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Revue de Géographie annuelle.** *Tome premier. Année* 1906-1907. — 1 *vol. in-4°* (*Prix* : 12 *fr.*). *Delagrave, editeur. Paris*, 1908.

La *Revue de Géographie*, fondée, il y a une vingtaine d'années, par M. L. Drapeyron, vient de subir une nouvelle transformation. Ce sera désormais une publication annuelle, dont la direction a été confiée à l'éminent professeur de Géographie physique de la Faculté des Sciences de Paris, M. Charles Vélain.

La *Revue* sera consacrée de préférence, d'une part, à des *Mémoires originaux* qui ne peuvent actuellement, en raison de leur étendue, trouver place dans nos périodiques géographiques que grâce à de trop nombreux fractionnements, et, d'autre part, à des *Notices bibliographiques*, sortes de synthèses, destinées à mettre à jour, de période en période, les progrès réalisés dans nos connaissances sur les questions de Géographie générale ou régionale. Ce recueil deviendra ainsi un très utile instrument de travail, qui prendra rang à côté de l'excellente *Bibliographie des Annales de Geographie* que publie chaque année M. Louis Raveneau. Le tome premier, par la valeur et l'illustration des travaux qu'il renferme, permet de bien augurer de l'avenir de cette publication.

Le plus étendu (279 pages) des *Mémoires originaux* est consacré par M. E. de Martonne à des *Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie* (*Karpates méridionales*). L'auteur, à qui l'on doit une thèse de doctorat sur la Valachie, a exploré ces massifs montagneux pendant plusieurs années. Son travail est donc le résultat d'observations personnelles, appuyées par une abondante illustration de cartes, photographies, coupes et croquis à la plume, — M. de Martonne est un merveilleux dessinateur, — qui font regretter que cette savante étude n'ait pas pour objet une de nos régions françaises des Alpes ou des Pyrénées. Les conclusions de l'auteur sont des plus intéressantes : à côté des déterminations géologiques, la glaciation des Karpates méridionales ne peut plus être mise en doute, et, dans certains points, elle a été plus étendue qu'on ne le soupçonnait. Cependant, « l'épisode glaciaire n'est important que pour les hauts sommets. La structure générale et les formes des Karpates méridionales sont dues aux dislocations tectoniques anciennes et aux cycles d'érosion tertiaires, déterminés par des mouvements épeirogéniques. Ce résultat suppose la possibilité des soulèvements en masse ». Le charriage y est plus ancien que dans les Alpes ; il n'y a pas été suivi d'un soulèvement aussi notable; mais ce soulèvement a repris plusieurs fois comme une sorte de coup manqué, et c'est ainsi qu'ont pu se former les divers niveaux d'érosion que l'on suit dans la topographie. D'après M. de Martonne, les Karpates méridionales sont une chaîne plus ancienne qu'on ne l'a cru longtemps; c'est une fausse chaîne alpine.

M. Jean Brunhes donne ensuite une synthèse de ses observations de morphologie comparée sur *l'érosion fluviale et l'érosion glaciaire.* L'auteur en a récemment exposé les résultats aux lecteurs de la *Revue*, ce qui nous dispense d'une analyse plus étendue. Son Mémoire contient, en outre, une illustration des plus remarquables, qui montre la confirmation des idées émises par M. Jean Brunhes, depuis 1902, dans son étude classique sur *le travail des eaux courantes et la tactique des tourbillons.* Dans « la coopération coordonnée des eaux et de la glace » en vue de l'érosion, les eaux ont, de beaucoup, le rôle prédominant, comme le dégageait encore récemment, du résultat des expéditions antarctiques, l'éminent glaciologue qu'est M. Charles Rabot.

Dans un troisième *Mémoire*, M. E. Fallot étudie *le régime douanier des colonies françaises et des pays de protectorat.* L'auteur montre qu'en Asie, en Afrique et en Amérique, aussi bien qu'en Océanie, notre régime douanier de 1892 doit être abandonné au plus tôt et qu'il faut lui en substituer un autre, basé sur des principes économiques plus rationnels. Les conditions géographiques montrent — et c'est sur quoi M. Fallot aurait dû insister davantage dans une *Revue* de ce genre — que chaque colonie doit avoir un régime douanier spécial, conditionné par ses aptitudes naturelles. Notre centralisation, pratiquée à outrance dans la Métropole, devrait être encore moins un article d'exportation.

Les Notices bibliographiques nous fournissent d'abord une revue de *Météorologie* que M. A. Berget a consacrée à la méthode de prévision du temps de M. Guilbert, à la nouvelle édition du livre de Hann : *Lehrbuch der Meteorologie* et au *Climatologic Atlas of India*, publié par le Service météorologique des Indes.

Digitized by Google

M. Paul Girardin a pris texte du grand ouvrage de MM. Penck et Brückner : *Die Alpen im Eiszeitalter*, pour étudier *le Modelé du Plateau suisse à travers les quatre glaciations*. La Suisse est bien le pays d'Europe qui, dans son ensemble, témoigne le plus de l'action glaciaire et dont le modelé actuel est en grande partie l'œuvre des temps quaternaires. Les trois grandes divisions naturelles portent la trace d'actions récentes et constituent dans ce domaine un des meilleurs champs d'observation.

Une notice d'un autre genre a été écrite par M. Guillotel sur *le progrès géographique en Angleterre*. Elle embrasse le domaine de l'enseignement et la bibliographie des principaux ouvrages récemment parus. M. J. Sion consacre à *l'Océanie* et à *l'Indo-Chine* deux études d'ensemble qui forment d'excellentes et utiles mises au point. *L'Etat actuel de nos connaissances sur la géographie et la géologie du Sahara*, d'après les explorations les plus récentes, fait l'objet de l'un des meilleurs travaux de l'ouvrage, dû à M. Charles Vélain. Depuis l'ouvrage classique de M. Schirmer, le Sahara a été parcouru dans tous les sens et la nécessité d'un pareil inventaire s'imposait.

M. Vélain distingue trois grandes régions naturelles. C'est d'abord la zone du Nord, séparée des bandes plissées de l'Atlas par une dépression jalonnée d'oasis, sorte de haute plaine, parsemée à l'origine de buttes-témoins (région des gours), et qui va s'ensablant toujours davantage à mesure que l'on avance vers le sud (région de l'Erg proprement dit et du grand Erg). Cette topographie, que l'on expliquait autrefois par l'hypothèse d'une mer saharienne, proviendrait simplement d'un changement de régime climatique. Un régime de pluies abondantes, dont le maximum d'intensité semble s'être produit vers la fin du Pliocène ainsi qu'au Quaternaire, y alimentait de grands cours d'eau, s'appliquant à creuser dans le sol ces profondes entailles qui ont déterminé le découpage en plateaux. En arrière des grandes dunes s'étend la zone centrale. Cette deuxième région naturelle comporte de puissants massifs montagneux, très accidentés, et surtout exhaussés à ce point, qu'en raison de l'altitude leur température est souvent assez basse pour rendre leur traversée avec des chameaux, sinon impossible, au moins des plus pénibles. La zone centrale comprend les deux massifs jumeaux du Mouidir-Ahnet, l'immense plate-forme du Tanezrouft, « le plus effroyable désert saharien que l'on connaisse », l'Ahaggar et l'Adrar des Iforass, qui forme la transition avec la zone nigérienne, Sans être complètement dégagé des influences désertiques, le climat de l'Adrar n'a plus rien de saharien. La région nigérienne se caractérise d'abord par sa variété, plus accentuée dans son histoire géologique et se traduisant en pays multiples, très différenciés les uns des autres. Un trait dominant et général la sépare du désert voisin : c'est une zone steppique. Elle doit ce caractère aux pluies saisonnières qu'elle reçoit tous les ans, à son réseau hydrographique propre ou à affinités soudanaises, conditions favorables au peuplement par les possibilités d'élevage et de cultures, et dont on pourra tirer grand profit. M. Paul Lemoine continuera dans le prochain volume la synthèse géologique, si bien commencée par M. Charles Vélain.

Nos idées nouvelles sur le bassin polaire, d'après les résultats scientifiques de l'Expédition Nansen (1893-1896), sont exposées par M. M. Zimmermann, dans une dernière notice, qui s'étend à toutes les caractéristiques géographiques de ces régions : océanographie des mers polaires boréales, bathymétrie et forme du bassin polaire, climat, vie animale. Une des idées les plus ingénieuses émises par Nansen concerne le rôle biologique des mers polaires dans l'économie du monde naturel. En même temps que ces mers reçoivent les éléments nutritifs charriés par les fleuves d'Amérique et de Sibérie, leurs eaux, grâce aux basses températures, se saturent de l'oxygène atmosphérique. Aussi, dès que les courants polaires entrent en contact avec les eaux chaudes du Sud, cette richesse alimentaire provoque une véritable explosion de vie animale, et c'est dans cette zone de transition que l'on rencontre les grands cétacés et les phoques et que prospèrent les grandes pêcheries du globe : Lofoten, Terre-Neuve, Islande.

Une revue de *Cartographie*, dressée par M. A. Berget, termine ce volume dont nous aurions voulu montrer, moins brièvement que dans les limites d'un compte rendu, l'intérêt et la valeur documentaire.

PIERRE CLERGET,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

4° Sciences médicales

Kraus (R.), *Professeur à l'Université de Vienne*, et **Levaditi** (C.), *Attaché à l'Institut Pasteur de Paris*. — **Handbuch der Technik und Methodik der Immunitätsforschung** (TRAITÉ DE TECHNIQUE ET MÉTHODIQUE DES RECHERCHES SUR L'IMMUNITÉ). *Tome I* : **Antigene** (LES ANTIGÈNES). — 1 *vol. in-8° de* 1138 *pages avec* 127 *figures et* 2 *planches en couleurs*. (*Prix* : 35 *fr.*) *G. Fischer, éditeur. Jéna*, 1908.

Il y a vingt-cinq ans que M. Metschnikoff posait les bases expérimentales de la théorie de l'immunité; depuis lors, les recherches effectuées dans cette voie ont fait des progrès considérables. D'abord confinées dans le domaine théorique, elles ont acquis une importance pratique de premier ordre par la découverte de la sérothérapie, à laquelle se rattachent les trois grands noms de Charles Richet, von Behring et Roux. Puis la connaissance des précipitines et des cytotoxines vint encore augmenter l'étendue de cette nouvelle branche de la Biologie, en montrant l'existence de phénomènes de nature physiologique auxquels venaient se subordonner ce qu'on avait d'abord pris pour des processus spéciaux aux cas pathologiques.

Depuis quelque temps, le besoin se faisait sentir de condenser les innombrables travaux relatifs aux substances toxiques appelées *antigènes* et aux *anticorps* correspondants et d'édifier, en un corps de doctrines au moins provisoire, tout ce qui se rapporte à la technique et à la méthodique des recherches sur l'immunité. C'est la tâche qu'ont entreprise MM. R. Kraus et C. Levaditi, en demandant à un grand nombre de spécialistes de divers pays, qui ont pris une part active au développement de cette jeune science, d'en exposer chacun le chapitre qui lui est familier.

L'ouvrage est divisé en deux volumes; le premier, qui vient de paraître, est consacré aux antigènes. Des considérations générales sur l'obtention des antigènes bactériens et des toxines précèdent la description particulière de chacun de ces corps; puis ceux d'entre eux qui possèdent une valeur pratique pour la vaccination sont ensuite considérés à ce point de vue, de sorte qu'une seconde partie traite de la technique et de la méthodique de l'immunisation active. Une description particulière des antigènes ayant une valeur diagnostique (tuberculine, malléine) termine le volume. Le second volume, qui paraîtra prochainement, sera consacré aux anticorps.

Ce bref aperçu suffira, pensons-nous, à donner une idée de l'importance du nouveau Traité, qui est le fruit d'un travail considérable et qui est appelé à devenir rapidement classique dans les laboratoires.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 Juillet 1908.

MM. H. Benjamin, H. Hallopeau et **G. Weiss** présentent respectivement les Rapports sur les concours pour les prix Alvarenga de Piauhy, Daudet et Buignet. — **M. H. Hallopeau** a constaté les faits suivants : 1° Le *Treponema pallidum* peut suivre, pour émigrer du chancre pénien, quatre voies différentes, qui sont : les lymphatiques et les ganglions satellites, les parois des troncs lymphatiques et le tégument qui les environne, les interstices du tissu conjonctif ambiant et les capillaires sanguins; 2° à chacune de ces voies correspond une symptomatologie spéciale ; 3° un traitement spécifique local, pratiqué avant l'apparition des accidents secondaires, peut en enrayer ou en retarder l'apparition et en atténuer l'intensité; 4° l'emploi de bonnes préparations d'atoxyl permet de le pratiquer sans réaction locale, avec efficacité et sans danger; 5° la roséole est fonction de l'adénopathie primitive; 6° le traitement local par l'atoxyl l'empêche habituellement de se développer.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 Juillet 1908.

M. H. Iscovesco a extrait du corps thyroïde de mouton quatre lipoïdes, dont un hémolytique, un non hémolytique et deux agglutinants. — **M. Lafforgue** a observé dans une infection typhoïde un bacille alcaligène, rougissant de façon précoce le milieu d'Endo. — **MM. A. Gilbert** et **M. Herscher** ont constaté que la teneur en bilirubine de l'épanchement pleural est très inférieure à celle du sérum sanguin dans la pleurésie séro-fibrineuse. La cholémie varie de 1/23.000 à 1/40.000. — **M. H. Vincent** montre que la bile n'est pas favorable à la culture du bacille dysentérique ; elle paraît même posséder, vis-à-vis de ce microbe, un léger pouvoir antiseptique. — **M. A. Piedallu** décrit une levure qui agit sur les corps gras et joue un rôle dans le tannage à l'huile des peaux ; elle produit de l'alcool avec le glucose et sécrète une oxydase. — **MM. L. Panisset** et **Loiseau** ont produit une vaginalite expérimentale chez le cobaye par inoculation du bacille diphtérique. — **M. O. Weiss** décrit une nouvelle méthode d'enregistrement des bruits du cœur, où ceux-ci sont transférés à une membrane d'eau de savon, qui les transmet à son tour à un levier de verre de 3/1000 de milligramme. — **M. E. Maurel** a constaté que le sulfate d'ésérine, qui seul n'a aucune action sur la grenouille normale, provoque des convulsions chez des grenouilles ayant reçu autrefois du sulfate de strychnine. — **MM. L. Jammes** et **A. Martin** ont constaté que des embryons d'Helminthes peuvent éclore et subir un début d'accroissement dans des milieux organiques autres que leur milieu habituel. — **MM. J.-E. Abelous** et **E. Bardier** ont reconnu que l'urohypertensine élève la pression artérielle en agissant à la fois sur les ganglions périphériques et sur les fibres musculaires des vaisseaux. — **M. J. Gieja** a constaté, chez deux *Phoxinus* auxquels il avait enlevé la vessie natatoire, des troubles de locomotion qui ont disparu au bout de six mois sans que la vessie se soit régénérée. — **M. H. Busquet** a observé que les appareils cardio-modérateurs droit et gauche possèdent, chez la grenouille, une excitabilité à peu près identique. — **M. 7. Cayla** montre que beaucoup de latex contiennent des diastases oxydantes ; un grand nombre posséderaient une oxygénase, d'autres une peroxydase et certains une catalase. — **MM. M. Ascoli** et **F. Novello** ont reconnu que Hg colloïdal électrique, stabilisé ou non, est hémolytique indépendamment de toute hypotonie. — **MM. E. Brumpt** et **Foley** ont observé dans le Sud-Oranais une spirochétose des poules causée par le *Spirochæta gallinarum* et transmise par les piqûres de l'*Argas persicans*. — **MM. A. Mayer** et **F. Rathery** ont observé, à la suite des polyuries répétées, des modifications temporaires des cellules rénales et des modifications durables, consistant en une variation de la structure cellulaire et en lésions de cytolyse protoplasmique de quelques tubes. — **MM. P. Bouin** et **P. Ancel** montrent que le résidu fusorial décrit pendant la télophase de la cytodiérèse n'est pas un reste du fuseau, mais une formation nouvelle. — **MM. H. Claude** et **A. Schmiergeld** décrivent les modifications histologiques de l'appareil parathyroïdien dans l'épilepsie. — **M. E. Laguesse** a reconnu, chez l'homme adulte, que la plupart des îlots endocrines du pancréas restent en communication directe ou indirecte avec l'arbre excréteur. — **MM. B. Weill-Hallé** et **H. Lemaire** ont étudié l'anaphylaxie passive du cobaye pour le sérum de cheval. — **MM. C. Nicolle** et **A. Siore** ont constaté que les cultures de *Leishmania tropica* possèdent une faible virulence pour le singe.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 7 Juillet 1908.

MM. G. Ferré et **A. Bonnard** ont observé les corps de Negri avec les corpuscules de Volpino sur des coupes de corne d'Ammon d'animaux morts de la rage des rues. — **MM. J. Bergonié** et **L. Tribondeau** n'ont observé aucune augmentation de la fragilité globulaire des globules rouges du sang sous l'influence des rayons X. — **MM. L. Tribondeau** et **P. Lafargue** ont reconnu que les rayons X n'ont aucune action dégénérative sur le nerf optique et sur la rétine. — **MM. Verger** et **Brandeis** ont reconnu qu'il peut se développer dans un nerf, après infection expérimentale, des lésions nettement tuberculeuses, qui restent étroitement localisées. — **M. E. Lamothe** présente divers tracés obtenus avec un nouveau pneumographe bilatéral, puis décrit le principe d'un pneumographe totalisateur, séparateur et différentiel. — **MM. J. Dubourdieu** et **E. Lamothe** ont constaté que l'ampliation thoracique, dans l'hémiplégie cérébrale, est toujours plus faible dans l'hémithorax du côté paralysé que dans celui du côté sain. — **M. G. Buard** a recherché l'indol dans les cultures microbiennes en eau peptonée par la vanilline et HCl. — **MM. H. Verger** et **R. Cruchet** ont constaté que le maximum de réaction hydrocéphalique, après injection de tuberculine et d'eau distillée dans le ventricule, a lieu vers la 15e heure. — **M. C. Sauvageau** décrit un mode de développement échelonné chez l'*Halopteris scoparia*. — Le même auteur a observé que le *Fucus lutarius*, qu'il soit vasicole ou presque aérien, est stérile ou apogame ; il se maintient ou se multiplie par fragmentation du thalle. — **M. Gard** décrit une maladie des feuilles de chêne due à un champignon qui paraît être le *Microsphæra alni*. — **MM. J. Sabrazès, L. Muratet** et **P. Durroux** donnent un résumé de leurs recherches sur le sang de cheval et ses variétés leucocytaires. — **M. J. Gautrelet** a reconnu que la choline neutralise l'action glycosurique de l'adrénaline. La présence de la choline dans l'extrait pancréatique est nécessaire pour que l'injection de ce dernier neutralise l'action glycosurique de l'adrénaline. C'est la choline qui est le principe actif et hypotenseur des glandes.

Digitized by Google

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 10 Juillet 1908.

M. Ch. Livon a reconnu que l'excitation directe, bien localisée sur l'hypophyse, ne donne jamais lieu à des modifications de la circulation. — **M. G. Daumézon** décrit une nouvelle espèce d'Ascidie composée (*Didemnoïdes massiliense*), présentant deux formes : l'une noir d'encre à embryons incolores, l'autre jaune clair à embryons rouges. — **M. C. Gerber** attribue l'action retardatrice des sérums normaux, blancs d'œufs et autres liquides albumineux sur la coagulation du lait aux albumines ou globulines qu'ils contiennent. La courbe d'action des composés halogénés des métaux alcalins sur la coagulation du lait par les présures présente deux branches accélératrices séparées par une branche retardatrice. — **MM. C. Gerber** et **J. Cotte** ont trouvé un glucoside à acide cyanhydrique de la famille de l'amygdaline dans la *Centaurea aspera*.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 Juillet 1908.

M. C. Chéneveau présente ses *recherches sur les propriétés optiques des solutions et des corps dissous* (voir dans ce numéro, page 670, l'analyse détaillée de la thèse de l'auteur). — **M. V. Henri** : *Influence du milieu sur les mouvements browniens.* Dans la séance du 15 mai, M. V. Henri a indiqué la technique de mesure des mouvements browniens et les premiers résultats relatifs à ces mouvements dans l'eau distillée. Il a entrepris l'étude des phénomènes de coagulation et d'agglutination en faisant des cinématographies microscopiques, avec grossissement de 600 diamètres, d'émulsions très fines de latex dilué, additionné de quantités croissantes d'acide chlorhydrique ou acétique, de soude, d'urée et d'alcool, et il a étudié les images obtenues pour des doses de ces corps qui ne produisent pas de coagulation. L'urée a été choisie comme type d'un corps qui ne coagule pas le latex et qui n'est pas un électrolyte ; l'alcool est un coagulant. *Les mouvements browniens sont ralentis par l'addition d'un agent coagulant avant le phénomène de coagulation. En présence d'alcali, ces mouvements sont deux fois plus lents et, en présence d'acide, ils sont neuf fois plus faibles que dans l'eau distillée.* Les mesures des déplacements correspondant à $\frac{1}{20}$ de seconde ont donné en moyenne :

	μ
Dans l'eau distillée	0,62
Dans la soude 1/10 N	0,31
Dans HCl 1/32 N	0,07

Ces nombres sont des moyennes de déplacements moyens pour dix granules dans la solution alcaline et douze granules dans l'acide. Il semble que l'on doive chercher l'explication de ces phénomènes dans l'adsorption de l'agent coagulant par les granules du latex ; en effet, des mesures d'adsorption ont montré que ces granules adsorbent un peu les alcalis et qu'ils adsorbent très fortement les acides ; il se formerait donc autour de chaque granule une zone d'adsorption contenant des molécules de l'agent coagulant qui sont retenues par le granule, et c'est cette liaison entre les granules et le coagulant qui produirait le ralentissement des mouvements browniens. — **M. A. Dybowski** présente l'*électromètre absolu à torsion de M. E. Salmon.* Cet appareil est une modification de l'électromètre absolu de Thomson. Il se compose de deux plateaux métalliques A et B, parallèles et verticaux, disposés dans une cage dont les parois en verre sont garnies intérieurement d'un treillage métallique formant écran électrique. B, supporté par une tige de verre horizontale, peut subir des déplacements parallèles qu'on mesure en déterminant au sphéromètre les déplacements de l'extrémité D de la tige de verre. A est annulaire et sert d'anneau de garde ; un léger disque *a*, en aluminium, s'engage exactement dans l'ouverture de A ; il est porté par une aiguille à deux branches rectangulaires O*fa*, suspendue par un fil de torsion qui se projette en O et qui est disposé comme dans une balance de Coulomb. La course du disque *a* est limitée, d'une part, par deux fils de cocon tendus en croix sur la face interne du plateau A ; d'autre part, par une pointe *f* qui vient heurter une plaque de verre *c*, avec coïncidence de la pointe et de son image. L'anneau de garde et le disque *a* sont en communication avec le sol. B est porté au potentiel V qu'on veut mesurer. Par une torsion convenable du fil O, on amène *a* dans le plan de l'anneau de garde. Pour déterminer V, on n'a qu'à appliquer la formule de l'électromètre de Thomson :

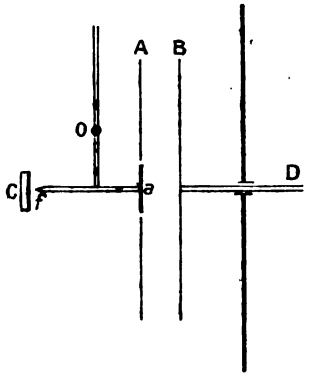


Fig. 1. — *Électromètre absolu à torsion de M. Salmon.* — A, B, plateaux métalliques ; D, tige de verre ; *a*, disque en aluminium ; O, fil de torsion ; *f*, pointe ; C, plaque de verre.

$$V = e\sqrt{\frac{8\pi F}{s}}.$$

La force F est proportionnelle à l'angle de torsion α et l'on a, par suite, pour les mesures relatives, la relation : $V = Ke\sqrt{\alpha}$. Pour les mesures absolues, en remplaçant s par πr^2, r étant le rayon du disque, on a : $V = e/r.\sqrt{8\varphi\alpha}$, φ étant la force s'exerçant sur le centre du disque pour une torsion de 1°. Cette force φ peut être déterminée en équilibrant une torsion donnée β par la composante horizontale d'un poids mg s'appuyant au centre du disque et suspendu à un fil maintenu dans une position oblique par rapport à ce disque. M. Salmon a pu, avec cet électromètre, déterminer avec une erreur relative d'environ $\frac{1}{100}$ des potentiels très variables pouvant aller depuis une vingtaine de volts jusqu'à environ 40.000 volts. L'appareil est d'ailleurs facilement maniable, même par des mains inexpérimentées, et pourrait par suite rendre des services pour les exercices pratiques effectués par les élèves des lycées. — **M. Blanc** : *Recherches sur les mobilités des ions dans les gaz.* L'auteur a mesuré les mobilités des ions dans des mélanges à pression constante d'air et de gaz carbonique, de gaz carbonique et d'hydrogène ; ces gaz étaient préparés et desséchés avec le plus grand soin. *Les courbes qui représentent les inverses des mobilités en fonction de la pression de l'un des gaz dans le mélange, sont des lignes droites dans tous les cas.* D'autre part : *La mobilité dans l'air d'un ion produit dans le* CO^2 *est exactement la même, quel que soit son signe, que si cet ion avait été produit directement dans l'air.* Il est probable ainsi que le groupement qui constitue l'ion échange constamment des molécules avec le gaz ambiant, de sorte qu'il se détruit en passant du premier gaz dans le second pour se reformer avec des molécules de celui-ci. — **M. G. Gaillard** : *Observations sur le temps employé par les corps pour se dissoudre.* M. G. Gaillard résume les recherches précédentes qu'il a faites sur le temps que la précipitation met à apparaître dans les solutions d'hyposulfite, pour montrer comment il a été amené à étudier, au même point de vue, la dissolution des corps, et quel est l'intérêt de cette étude. Parmi les observations qu'il a pu obtenir, malgré les nombreux facteurs qu'ont mis en évidence G.-A. Hulett, Boyer-Guillon, J. Schürr,

Digitized by Google

Brunner et Tolloczsko, et qui rendent fort difficile toute observation de ce genre, il indique, pour des quantités croissantes, le rapport des durées à la concentration obtenue et la variation du temps pour un même poids de sel mis à dissoudre dans des solutions de plus en plus concentrées. Avec divers sels, mais pour lesquels il est difficile de donner des résultats comparatifs, à cause des formes différentes qu'ils revêtent, il fait remarquer : que, pour certains d'entre eux, il se manifeste des relations avec la nature de leur acide ou le poids de leur métal; qu'on constate également un rapport entre la valeur de la solubilité et celle du temps employé, et que, dans certains cas, en faisant varier la température, on voit la courbe des inverses des temps avec une allure comparable à celle de la solubilité; mais des sels ayant des coefficients voisins peuvent employer des temps notablement différents, et la variation du temps avec la température ne suit pas toujours celle de la solubilité, comme cela est à remarquer plus spécialement avec le sulfate de soude ou de chaux. D'après ces expériences et celles faites précédemment sur la précipitation, l'auteur dit qu'on peut se demander s'il n'y a pas, pour chaque corps, une valeur de temps fondamentale. Il semble qu'on pourrait, pour chaque substance, dégager alors la notion d'une sorte de chimiochronicité ; l'étude de la valeur propre du temps employé par chaque élément dans ses combinaisons permettrait aussi de se rendre plus complètement compte des forces qui entrent en jeu dans toute action chimique et d'en mieux déterminer l'économie.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 Juillet 1908.

M. G. Tanret a vu que l'ancienne ergostérine (α_D — 114°) contenait 1/9 d'un nouveau corps, de propriétés très rapprochées, qu'il appelle fongistérine. L'ergostérine a pour formule $C^{27}H^{46}O.H^2O$, et la fongistérine $C^{28}H^{40}O.H^2O$; celle-ci est donc l'homologue inférieur de l'ergostérine. L'ergostérine a $[\alpha]_D$ — 126° (α_D — 132° dans le chloroforme) et F. 165° au bloc Maquenne. La fongistérine a $[\alpha]_D$ — 22° et F. 144°. Celle-ci est beaucoup plus soluble que l'ergostérine dans les différents solvants; c'est sur la différence de solubilité des deux corps dans l'éther que repose leur séparation, qu'on réalise par des cristallisations fractionnées. M. Gérard a montré que les cholestérines contenues dans les Cryptogames sont différentes de la cholestérine animale et des phytostérines ou cholestérines des végétaux supérieurs et qu'elles forment un groupe particulier, le groupe de l'ergostérine. Des recherches poursuivies depuis ont confirmé sa généralisation. Comme les corps du groupe de l'ergostérine ont des points de fusion et des pouvoirs rotatoires différents, et qu'il en est de même des fractions cristallisées qu'on obtient dans la séparation de l'ergostérine et de la fongistérine, on peut donc admettre, à moins de preuve contraire, que tous ceux qui ont leur pouvoir rotatoire compris entre $[\alpha]_D$ — 22° et — 126° ne sont constitués que d'ergostérine et de fongistérine. — **M. M. Guerbet**, appliquant la méthode de préparation des alcools primaires qu'il a décrite antérieurement, a condensé le benzylate de sodium avec les alcools propylique, butylique et iso-amylique. Il a obtenu ainsi respectivement les alcools méthylbenzyléthylique $C^6H^5.CH^2.CH(CH^3).CH^2OH$, éthylbenzyléthylique ($C^2H^5$ au lieu de CH^3) et isopropylbenzyléthylique (C^3H^7 iso au lieu de CH^3). Il décrit les propriétés et les principaux dérivés de ces alcools. — **M. A. Valeur** a isolé le sulfométhylate d'isospartéine, dont l'existence avait été annoncée par MM. Ch. Moureu et A. Valeur dans le produit de l'acide sulfurique étendu et bouillant sur l'α-méthylspartéine. Ce sel répond à la formule

$$CH^3AzC^{15}H^{26}AzH \diagdown SO^4 \diagup$$

Il donne, en effet, naissance, par l'action des chlorure, bromure et iodure de baryum, respectivement aux chlorhydrate de chlorométhylate, bromhydrate de bromométhylate et iodhydrate d'iodométhylate d'isospartéine. Traité par la baryte, le sulfométhylate d'isospartéine se décompose en SO^4Ba et hydrate de méthylisospartéinium. Cet hydrate se décompose en donnant quantitativement l'α-méthylspartéine. La production d'α-méthylspartéine apporte une nouvelle preuve de l'existence d'une chaîne fermée pipéridique dans la molécule de la spartéine. — **M. A. Verneuil** indique une disposition du four à chalumeau permettant d'exécuter tous les essais du laboratoire qui s'opèrent en creuset et sur toute l'échelle des températures, jusqu'au point de fusion du platine. Le matériel relatif à ces essais, qu'il est nécessaire de pouvoir réaliser sur des quantités de matière variant depuis quelques grammes jusqu'à plusieurs kilogrammes, se trouve ainsi réduit à trois modèles de chalumeau et à trois fours d'une construction très simple.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 26 Mars 1908.

M. A. Mallock présente quelques considérations sur *l'ascension des ballons météorologiques et la température de l'air supérieur*. Il examine au point de vue théorique jusqu'à quelle hauteur peuvent monter les ballons employés aux usages météorologiques et les variations de leur vitesse pendant l'ascension. Il montre que la vitesse du ballon augmente d'abord comme la puissance 1/6 du rapport de la densité de l'air à la hauteur atteinte avec la densité au niveau du sol; quand la compression élastique est faible, la vitesse dans les hauteurs atteint son maximum non loin de la plus grande élévation que le ballon peut atteindre. Pour relier la pression avec la hauteur atteinte, il faut connaître la température en chaque point de l'ascension, information qui est fournie par l'enregistreur automatique attaché au ballon. L'auteur indique les hauteurs correspondant aux pressions en supposant : 1° la température constante; 2° la température égale à la température observée; 3° la température variant adiabatiquement. Il constate que le décrément observé de température est 0,7 fois le décrément adiabatique depuis la terre jusqu'à une pression moindre de 200 mm., correspondant à une hauteur de 11 kilomètres. L'auteur conclut qu'on pourrait atteindre des hauteurs de 40 kilomètres si les ballons étaient plus extensibles. — **MM. J. T. Mather** et **E. F. Smith** ont fait la *comparaison entre l'ampère-étalon du Board of Trade et le peseur de courant Ayrton-Jones*. Cette comparaison a été faite au moyen d'une combinaison de piles et de résistances normales employée comme étalon secondaire de courant. On a trouvé par deux méthodes que 1 ampère Ayrton-Jones = 1,000.33 ampères du Board of Trade. D'après ces expériences, l'ampère du Board of Trade dépose l'argent à raison de 1,1179 mgr. par seconde; il est donc égal à l'ampère international, défini par son dépôt d'argent, à moins de 1 centième pour cent près. Ces expériences ont également permis de fixer les f.é.m. des piles normales en volts du Board of Trade. La f.é.m. de la pile normale au cadmium de Weston est de 1,018.68 volts du Board of Trade à 20°; celle de la pile Clark normale est de 1,433 volts à 15°C.

Séance du 2 Avril 1908.

MM. A. Harden et **W. J. Young** : *Le ferment alcoolique du suc de levure*. III : *La fonction des phosphates dans la fermentation du glucose par le suc de levure*. 1° L'addition d'un phosphate à un mélange de glucose et de suc de levure en fermentation ne produit pas seulement une accélération temporaire dans le cours de la fermentation, mais, en outre, une augmentation de la fermentation totale; 2° Ce dernier effet est dû au fait que le phosphate d'hexose formé pendant la période

Digitized by Google

d'accélération temporaire est continuellement hydrolysé par un enzyme, avec production de phosphate libre qui entre de nouveau en réaction et produit ainsi une augmentation de la fermentation ; 3° Il semble probable que la présence de phosphate est essentielle pour la fermentation alcoolique du glucose par le suc de levure ; voici la réaction qui se produit :

$$(1)\quad 2C^6H^{12}O^6 + 2R^2HPO^4 = 2CO^2 + 2C^2H^6O + C^6H^{10}O^4(PO^4R^2)^2 + 2H^2O.$$

Cette réaction est seulement réalisée en présence du ferment et du co-ferment dont les auteurs ont parlé dans de précédentes communications, le phosphate seul étant incapable, en l'absence du co-ferment, de produire la fermentation dans un mélange de ferment et de glucose. Le phosphate d'hexose ainsi formé est alors hydrolysé :

$$(2)\quad C^6H^{10}O^4(PO^4R^2)^2 + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + 2R^2HPO^4.$$

La vitesse à laquelle cette seconde réaction a lieu détermine la vitesse de la fermentation observée lorsque le glucose est fermenté par le suc de levure ; 4° Il existe une concentration optimum du phosphate ; elle produit une vitesse de fermentation initiale maximum. Une augmentation de concentration au delà de cet optimum diminue la vitesse de la fermentation. — MM. **H. E. Armstrong** et **W. H. Glover** : *Etudes sur l'action des enzymes.* XI. *Hydrolyse du raffinose par les acides et les enzymes.* Les auteurs ont constaté que le raffinose (triose formé par l'union du saccharose et du galactose) est hydrolysé moins rapidement que le sucre de canne par les acides, le rapport étant de 4 à 5 ; par l'invertase, la différence est encore plus sensible, le rapport étant de 1 à 5,4. L'invertase est donc un hydrolysant beaucoup moins actif de la partie sucre de canne du raffinose que du sucre de canne lui-même. — MM. **H. E. Armstrong, E. F. Armstrong** et **E. Horton** : *Etudes sur l'action des enzymes.* XII. *Les enzymes de l'émulsine.* Les auteurs arrivent à la conclusion que l'émulsine contient, à côté de la gluco-lactase, une β-glucase capable d'hydrolyser les substances telles que le β-méthylglucoside, et une troisième enzyme, l'amygdalase, dédoublant l'amygdaline.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 18 Juin 1908.

MM. **W. A. Bone** et **H. F. Coward** ont étudié la décomposition thermique du méthane, de l'éthane, de l'éthylène et de l'acétylène à des températures variant de 500° à 1.200°. Le méthane, qui est le plus stable des quatre et forme toujours le produit principal de décomposition des trois autres, se décompose en grande partie directement en C et H ; cette décomposition est un effet de surface. Les autres hydrocarbures paraissent former des résidus : CH et : CH^2, qui se décomposent directement en C et H ou se combinent avec H pour former du méthane. — M. **W. A. Tilden** montre que l'oxygène ou l'air avec l'eau liquide sont seuls nécessaires pour produire la rouille du fer, sans l'assistance de CO^2. L'eau seule, en l'absence d'O, attaque lentement le fer en produisant une pellicule de $Fe(OH)^2$, qui est convertie en rouille brune par l'admission d'O. La rouille du fer, même vieille, contient toujours du FeO. Le processus de la rouille est dû d'abord à l'action électrolytique provoquée par CO^2 de l'eau exposée à l'air, ensuite par la présence dans le fer de composés variés de C, S, P et Si. Dans la rouille ordinaire, ce processus est favorisé par l'action dépolarisante de la couche d'oxyde ferrique formée. La rouille du fer pur n'a pu être étudiée, le fer pur étant encore inconnu. — MM. **E. Wedekind** et **S. J. Lewis** ont déterminé le volume atomique (14) et la chaleur atomique (6,078 et 6,753) du zirconium. — M. **H. Finnemore** a trouvé que le constituant principal de la racine de chanvre canadien (*Apocynum cannabinum*) est identique à l'apocynine cristallisée du commerce. Celle-ci, de formule $C^9H^{10}O^3$, fond à 115° ; elle contient un groupe méthoxylé, donne une oxime et une hydrazone, puis des dérivés acétylé et benzoylé. Elle paraît être une hydroxyméthoxyacétophénone, identique à l'acétovanillone. L'auteur a confirmé cette hypothèse en en faisant la synthèse. La benzoylvanilline, traitée par CH^3MgI, fournit le benzoylapocynol, F.128°, qui est oxydé par l'acide chromique en benzoylapocynine, F.106°, donnant l'apocynine par hydrolyse. — M. **F. D. Chattaway** montre que les perbromures de diazonium résultent du remplacement total de l'H par Br dans les hydrazines et répondent donc bien à la formule $R.AzBr.AzBr^2$. — MM. **Ch. Dorée** et **J. A. Gardner**, en faisant réagir l'ozone sur la cholesténone en solution chloroformique, ont obtenu un ozonure $C^{27}H^{44}O.O^7$, qui est décomposé par l'eau en CO^2 et en acide cétomonocarboxylique $C^{26}H^{42}O^3$, identique à celui que Windaus obtint en oxydant la cholesténone par le permanganate. Le cholestérol donne, dans les mêmes conditions, un ozonure $C^{27}H^{46}O.O^3$. — MM. **B. H. Buttle** et **J. T. Hewitt** ont étudié la solubilité de AgCl dans les solutions de nitrate mercurique à 25°. Quand le nitrate mercurique est en grand excès, tout le chlore est présent à l'état d'ions $HgCl^2$. — MM. **E. C. C. Baly** et **C. H. Desch** ont déterminé les spectres d'absorption de composés aliphatiques ou inorganiques contenant les groupes AzO et AzO^2. Tous deux donnent lieu à une absorption sélective définie, dont la fréquence d'oscillation est très basse pour AzO. — M. **W. H. Mills** et Mlle **S. T. Widdows**, en copulant une solution alcaline de 2-pyridone avec le chlorure de benzènediazonium, ont obtenu la 5-benzène-azo-2-pyridone, F.210°-212°, qui est réduite par Na en aniline et 5-amino-2-pyridone. — MM. **J. K. H. Inglis** et **F. Wootton**, en électrolysant une solution contenant du benzènesulfonate de K et KCl, ont obtenu de la tri- et de la tétrachloro-*p*-benzoquinone. Avec KBr, il se forme de la tétrabromo-*p*-benzoquinone. — M. **Al. Rule**, en faisant agir les gaz nitreux sur une solution éthérée refroidie de dicyclopentadiène, a isolé le ψ-nitrosite et le dérivé dinitré de l'hydrocarbure, F.121°. — M. **F. D. Chattaway** montre que les α-osazones, considérées par Ingle et Mann comme les stéréo-isomères des osazones ordinaires ou β-osazones, sont en réalité des composés de formule :

$$\begin{array}{c} R.AzH.Az:C.R \\ | \\ R.Az:Az:CHR \end{array}$$

qui sont les produits intermédiaires de la transformation des hydrotétrazones en osazones vraies. — M. **S. Ruhemann**, en faisant agir la baryte sur la 2-phényl-6-méthyl-4-pyrone, a obtenu la benzoylacétylacétone, F.106°-107°. — M. **L.-A. Levy** a préparé deux modifications isomères du platinocyanure de baryum : l'une, jaune d'or, qui se dépose des solutions légèrement acides, est peu fluorescente ; l'autre, verte, qui se dépose des solutions contenant une trace de baryte, est très fluorescente. — MM. **T.-S. Price** et **D.-F. Twiss**, en faisant réagir les alcalis sur les thiosulfates d'éthyle ou de benzyle sodés, ont obtenu principalement les disulfures correspondants. — M. **F.-M. Perkin**, en suspendant des feuilles de plomb sur de l'alcool absolu, puis faisant passer un courant d'ozone, a observé que la surface du métal se recouvre rapidement d'une poudre jaune, qui est de l'éthoxyde de plomb $Pb(OC^2H^5)^2$. — M. **R. de J. F. Struthers** a constaté que la phénylhydrazine se combine avec le cyanure cuivreux en solution ammoniacale pour former le composé $2CuCAz.3C^6H^5AzH.AzH^2$. Les cyanures de cobalt et de nickel décomposent catalytiquement la phénylhydrazine. — M. **H. M. Dawson** a reconnu que les polyiodures alcalins des types MI^9, MI^7, MI^5 et MI^3 existent en solution nitrobenzénique et représentent les stades successifs d'un phénomène de dissociation dans lequel I est l'autre produit de dissociation. — M. **S. J. M. Auld**

Digitized by Google

a constaté que l'amygdaline est dérivée d'un disaccharure αβ, le résidu de β-dextrose étant attaché au noyau benzaldéhyde-cyanhydrine. Le mandélo-nitrile-glucoside est un produit intermédiaire de l'hydrolyse de l'amygdaline par l'émulsine. — M. **A. E. Hill** présente une nouvelle forme de flacon à potasse.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 7 Mai 1908.

M. **H. A. Schwarz** présente une Note sur les tétraèdres spéciaux à arêtes rationnelles et à volume rationnel.

Séance du 14 Mai 1908.

M. **G. Frobenius** adresse un Mémoire *sur les matrices composées d'éléments positifs*. Lorsque les éléments d'une matrice sont tous réels et positifs, son déterminant caractéristique et le sous-déterminant de celui-ci jouissent de certaines propriétés remarquables, dont les plus importantes ont été découvertes par M. O. Perron, qui les a déduites dans deux Mémoires insérés dans le tome LXIV des *Mathematische Annalen*. Or, tandis que ce savant, comme il le fait remarquer lui-même, n'a pu établir ses démonstrations que grâce à des considérations aux limites, l'auteur réussit à éviter ces dernières, tout en simplifiant les démonstrations et en complétant les théorèmes dans plusieurs de leurs parties. Les matrices rentrant dans cette catégorie possèdent une racine positive simple, dont la valeur absolue est supérieure à toutes les autres racines et qui s'accroît en même temps qu'un élément quelconque de la matrice. — M. **R. Helmert** présente un Mémoire relatif aux mesures trigonométriques des altitudes et aux coefficients de réfraction à proximité du niveau de la mer. On sait que le coefficient de réfraction de l'air, en raison surtout de sa liaison avec les variations de température, éprouve de fortes modifications dues aux changements d'altitude. Or, la variation de la température de l'air correspondant à un mètre d'élévation est sujette, dans la couche la plus basse d'environ 20 mètres d'épaisseur, à une période diurne d'une amplitude considérable, tout en dépendant à un degré assez fort des conditions atmosphériques et de l'altitude. Aussi l'hypothèse d'une forme circulaire des rayons lumineux, dans les mesures d'altitude trigonométrique à proximité du niveau de la mer, conduit-elle en général à des erreurs assez sérieuses. L'auteur étudie quelques exemples et discute, pour certains cas, l'allure du coefficient de réfraction.

Séance du 21 Mai 1908.

M. **E. Fischer**, professeur à l'Université de Berlin, présente un Mémoire *sur la synthèse des polypeptides*. L'auteur a fait voir, il y a environ un an, par la production d'un octodécapeptide, que les méthodes connues suffisent pour réaliser la synthèse, à partir des amino-acides, des polypeptides compliqués. En raison surtout de la sensibilité de l'hydroxyle vis-à-vis du pentachlorure de phosphore, l'on se heurte cependant à des difficultés lorsqu'on essaie de traiter de la même façon les combinaisons des oxy-amino-acides. Or, dans le présent Mémoire, l'auteur indique, pour écarter temporairement l'influence nocive de l'hydroxyle, une méthode basée sur l'introduction du groupe carbo-méthoxyle, qu'on élimine facilement au moment voulu par saponification. Cette méthode est appliquée à la production de nouveaux peptides de la tyrosine et d'un acétal correspondant à la glycylglycine. Incidemment, il indique un procédé dit de micro-polarisation, qui permet de faire des déterminations optiques avec des quantités minimes de substances (0,01 à 0,02 gr.). Le tube de polarisation employé à cet effet est de 5 centimètres de longueur et d'environ 1,5 millimètres de diamètre intérieur. Les poids spécifiques sont déterminés suivant la méthode ordinaire avec un flacon minuscule d'un volume d'environ 0,1 centimètre cube. Le liquide est introduit dans le flacon et dans le tube de polarisation à l'aide d'un tube capillaire étroit, descendant jusqu'au fond du tube. Les pesées se font avec une balance permettant de déterminer 0,05 milligramme pour une charge maxima de 10 grammes. — M. **J. Stark**, professeur à l'Université de Greifswald, adresse une Note *sur les spectres de l'oxygène*. Suivant les récents résultats de M. F. Paschen, les séries spectrales de l'oxygène, ne présentant pas l'effet Doppler dans les rayons-canaux, constitueraient la première exception d'une règle confirmée dans des cas assez nombreux. Aussi l'auteur a-t-il cru bon de soumettre ces résultats à un examen soigneux, qui emprunte un surcroît d'intérêt aux phénomènes spectrographiques si remarquables de cet élément. Grâce à l'emploi d'un gaz oxygène de grande pureté, d'une intensité de courant considérable, d'une pose prolongée et d'un spectrographe à grande intensité lumineuse, il réussit à établir la présence de l'effet Doppler dans les séries spectrales de l'oxygène. L'intensité des raies mobiles de séries, dans les rayons-canaux, est très peu considérable, en comparaison de celle des raies d'étincelles. D'autre part, l'auteur observe pour la première fois l'effet Doppler dans les rayons-canaux sur deux raies de l'aluminium (doublets d'une seconde série secondaire). La grandeur de l'effet maximum fait voir que les supports des raies d'étincelles sont des ions atomiques positifs de grande valence. L'auteur termine en tirant, des observations jusqu'ici faites sur l'effet Doppler dans les rayons-canaux, quelques conclusions générales relatives à la dissociation électrique des atomes chimiques. — MM. **J. Stark** et **W. Steubing** adressent un Mémoire traitant de la *distribution de l'intensité spectrale des rayons-canaux dans l'hydrogène*. Les auteurs mesurent, au moyen d'un spectrophotomètre, l'intensité des trois raies de l'hydrogène λ 652, λ 486 et λ 434, dans le cas où les rayons-canaux sont orthogonaux par rapport au rayon de vision. Ils constatent que la distribution des intensités dans les rayons-canaux est fonction de leur vitesse, — le rapport de l'intensité d'une longueur d'onde donnée à celle d'une longueur d'onde plus grande augmentant à mesure que s'accroît l'énergie cinétique des rayons-canaux, d'autant plus rapidement que le rapport des longueurs d'ondes est plus petit. Cette liaison entre la vitesse et la distribution des intensités sera d'une grande importance pour la théorie des rayons-canaux. La présence d'un minimum d'intensité de l'effet Doppler dans les rayons-canaux, à savoir le fait que les ions atomiques mobiles (rayons-canaux) sont incapables, au-dessous d'un minimum donné d'énergie cinétique, d'émettre des séries de raies d'intensité appréciable, constitue un autre phénomène d'un haut intérêt théorique.

ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 15 Mai 1908.

M. **O. von Baeyer** adresse un Mémoire sur *l'effet Zeeman dans les champs magnétiques faibles*. Les recherches dont il rend compte permettent de vérifier postérieurement la théorie établie par M. Voigt, suivant laquelle le triplet normal présenterait une asymétrie jusqu'alors inconnue, qui se ferait sentir surtout dans les champs magnétiques faibles. Or, les expériences antérieures faites par l'auteur en collaboration avec M. E. Gehrcke avaient fait voir que cette asymétrie, dans le cas des raies du mercure, si elle existe, reste en dessous de la limite des erreurs d'expérience. Les expériences nouvelles résumées dans le présent Mémoire se rapportent à la raie du mercure $\lambda = 491\,\mu\mu$. Étant exempte de satellites, cette raie permet d'étudier l'effet Zeeman au moyen d'une seule plaque à interférence. Comme, d'autre part, elle fournit un triplet normal, elle se prête éminemment au but en question. Grâce aux perfectionnements apportés à la méthode

Digitized by Google

de mesure des champs magnétiques, les résultats de ces expériences présentent une précision supérieure. Bien que l'auteur soit incapable de constater les phénomènes prédits par M. Voigt, il n'écarte pas la possibilité de la présence d'une asymétrie pareille dans le cas des raies plus larges, c'est-à-dire pour les tensions de vapeur plus élevées. — **M. C. Fischer** adresse une note sur *les champs de force électrique au voisinage immédiat des antennes*. L'auteur vient d'indiquer, pour représenter les champs de force électrique, une méthode simple dont le principe est le suivant : Les deux plaques d'un condensateur chargé d'électricité étant recouvertes de cristaux de plâtre, ces derniers s'arrangent suivant les directions des lignes de force, d'une façon analogue à la limaille de fer au sein d'un champ magnétique. L'auteur obtient ces cristaux en concassant du mica au mortier; la grosseur des particules est réglée par un passage au tamis. Il est vrai que, la distribution des charges sur les armatures d'étain n'étant pas identique à celle qui correspond aux conducteurs corporels analogues, la configuration du champ se trouve quelque peu modifiée. D'autre part, à l'inverse des phénomènes magnétiques, les particules de plâtre, se chargeant au contact du conducteur, sont projetées loin des champs forts et s'accumulent, au contraire, aux endroits d'intensité minimum. Aussi convient-il d'enduire les conducteurs d'une couche de laque plate empêchant les particules de prendre une charge électrique. En se servant de cette méthode, l'auteur vient d'étudier les champs de force électrique au voisinage immédiat des antennes de télégraphie sans fil. Grâce à la capacité en général relativement élevée des antennes, l'on peut admettre, dans ces expériences, une distribution sensiblement uniforme, à un moment donné. Les diagrammes présentés par l'auteur font voir que la démonstration visuelle rend facilement compte de la disposition et des caractéristiques d'une antenne. — **M. E. Gumlich** adresse une Note sur ses expériences relatives aux *propriétés magnétiques du fer absolument pur*. Dans un Mémoire récemment adressé à la Société, M. Kreusler rendait compte des propriétés du fer chimiquement pur qu'il venait de préparer. Or, l'auteur a eu l'occasion d'étudier les phénomènes magnétiques de ce fer, dont les impuretés possibles, en dehors des gaz, étaient réduites à quelques millièmes de °/₀. En raison de la petitesse de l'échantillon, ces recherches ont dû être faites, non pas avec un magnétomètre, mais avec le galvanomètre balistique. A l'inverse de toute attente, les propriétés magnétiques de ce fer d'une pureté si extraordinaire ne sont pas du tout bonnes, la perméabilité étant relativement faible, tandis que la force coercitive et, par suite, la perte d'hystérèse sont assez considérables. Ces résultats sont dus peut-être à l'hydrogène occlus dans ce fer et à la détérioration de la structure moléculaire produite par le recuit à une température excessivement élevée. Les expériences qu'on fait à ce propos à l'Institut Physico-technique de Charlottenbourg élucideront peut-être ces phénomènes si remarquables. — **M. E. Gerland** adresse une contribution à l'*histoire de l'aimantation, au moyen des aimants naturels, des aiguilles de boussoles*. En combinant les données de très nombreux documents, l'auteur, par une méthode analogue à celle des sciences exactes, arrive à l'hypothèse suivante : Jusqu'au temps de Gilbert, les aiguilles de boussoles, faites avec du fer qui renfermait peut-être des traces d'acier, étaient rendues magnétiques par induction, en touchant leur pointe ou en la frottant, sans ordre bien défini, avec la pierre magnétique. Depuis le treizième siècle, on serait parvenu en Allemagne à utiliser des aiguilles d'acier d'une qualité toujours meilleure, magnétisées fortement et d'une façon permanente par un frottement bien ordonné. — **M. F. Kiebitz** signale un dispositif de Drude simplifié qui se prête à l'examen quantitatif des circuits couples de transmission et de réception radio-télégraphiques. Une croix thermo-électrique servant d'indicateur, l'effet des ondes est mesuré à l'aide d'un galvanomètre sensible jusqu'à 20 mètres de distance.

ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 19 Juin 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. F. Mertens** : Sur l'irréductibilité des équations de la division du cercle. — **M. G. Voghera** : Exposition des systèmes de nombres complexes irréductibles en six unités.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — **MM. E. von Schweidler et V. F. Hess** ont mesuré, au calorimètre différentiel par compensation avec la chaleur d'un courant, la quantité de chaleur dégagée par un échantillon de chlorure de baryum radifère riche en radium; ils en déduisent que 1 gramme de Ra métallique dégage 118 grammes-calories à l'heure. — **M. V. F. Hess** a vérifié le rapport établi par Pulfrich et lui entre la contraction du volume et l'indice de réfraction dans les mélanges : $(R-R_v)/R=qc$, où $R_v=\Sigma R_i v_i/\Sigma v_i$ (R et R_i sont les pouvoirs de réfraction du mélange et des composants, v le volume et c la contraction, q le facteur de proportionnalité, qui est constant et positif pour tous les mélanges de deux liquides). — **M. S. Kreutz** a étudié les propriétés optiques des minéraux du groupe de l'amphibole et leur rapport avec la constitution chimique. Les indices de réfraction croissent avec la teneur en fer, tandis que l'angle des axes s'abaisse; l'augmentation de l'alumine accroît l'angle négatif des axes dans les hornblendes. — **M. F. E. Suess** a étudié les phénomènes de cristallisation qui se produisent pendant la formation des dépôts d'aragonite de Karlsbad. Il faut admettre que les bancs d'aragonite ne se sont pas formés à la surface, mais qu'ils ont eu leur origine en profondeur. — **M. J. Herzig**, en traitant l'aurine par le diazométhane, a obtenu une diméthylo-aurine orange, qui se laisse acétyler en solution alcoolique, en formant un diméthyloéthylacétylaurine-carbinol. — **MM. J. Herzig et S. Epstein** présentent leurs recherches sur la résoflavine, d'après lesquelles le dernier OH est en position 4. — **MM. J. Herzig et R. Kohn** montrent que le phloroglucide, provenant de la condensation de deux molécules de phloroglucine avec élimination d'une molécule d'eau, est un pentaoxybiphényle.

3° SCIENCES NATURELLES. — **M. S. von Schumacher** a étudié l'innervation segmentale (surtout motrice) des extrémités supérieures chez l'homme.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 Juin 1908.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **M. E. F. van de Sande Bakhuyzen** présente au nom de **M. C. Sanders** : *Contribution à la détermination astronomique des lieux à la Côte occidentale de l'Afrique*. III. Post-scriptum. 6. Calcul modifié de la détermination des longitudes en 1904. — **M. H. G. van de Sande Bakhuyzen** présente au nom de **M. J. Weeder** : *L'examen des poids dans les équations d'après le principe des moindres carrés*. Si des résultats différents ont été obtenus à l'aide de méthodes de mesure différentes, ou bien s'ils ont été déduits par des observateurs différents, il est en général désirable d'éprouver les poids assignés d'avance à ces résultats avec les erreurs apparentes livrées par l'équation, pour qu'on sache s'il est nécessaire de corriger ces résultats et, de plus, dans quelle direction cette correction doit avoir lieu. Si le matériel d'observation se décompose, d'après son origine, en plusieurs groupes et qu'on ait déduit des erreurs apparentes de chaque groupe l'erreur moyenne de l'unité de poids, il est nécessaire que les différences de ces valeurs soient petites. Ainsi, dès le commencement de telles investigations, le problème se pose de savoir comment l'erreur moyenne de l'unité de poids se calcule, si l'on ne veut se servir que d'une partie des erreurs apparentes. Dans l'équation des déterminations d'erreurs

Digitized by Google

de division du cercle méridien de l'Observatoire de Leyde, l'auteur a appliqué la formule :

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma g f^2}{n-k}},$$

où μ représente l'erreur moyenne de l'unité de poids, g le poids d'un résultat d'observation, f l'erreur probable de ce résultat, n le nombre des erreurs du groupe, et k un nombre dépendant des poids des résultats et des coefficients des inconnues des équations. Exemple faisant voir comment la constante k se détermine, etc. — M. P. H. Schoute présente pour les Mémoires de l'Académie, au nom de M. **M. Brückner**, de Bautzen (Saxe) : « Ueber die Ableitung der allgemeinen Polytope in R_4 und die nach Isomorphismus verschiedenen Typen der allgemeinen Achtzelle (Oktatope) ». [Sur la déduction des polytopes généraux de l'espace quadridimensional et les types différents, dans le sens de l'isomorphisme, des octotopes généraux]. Sont nommés rapporteurs : MM. Schoute et J. Cardinaal.

2° Sciences physiques. — M. **J. D. van der Waals** : *Contribution à la théorie des mélanges binaires.* VII. *Sur la relation entre les quantités a_{12} et a_1 et a_2 se présentant dans la théorie d'un mélange binaire.* A plusieurs reprises, l'auteur a fait connaître la forme des courbes thermodynamiques pour le cas où, dans le mélange binaire, un minimum de la température du point de plissement se présente, de manière que le quotient $\frac{a_x}{b_x}$ passe par une valeur minimale pour une certaine valeur de x. La forme des isobares, aussi bien que celle des courbes $\left(\frac{dp}{dx}\right)_v = 0$ et $\left(\frac{dp}{dv}\right)_x = 0$, peut être considérée comme connue pour ce cas. De plus, l'expérience a prouvé que la forme de ces courbes prédite par la théorie est exacte, au moins au point de vue qualitatif. Dans cette communication, l'auteur se propose de démontrer que la forme de ces courbes ne s'accorde pas, dans ce cas, avec la relation $a_{12}^2 = a_1 a_2$. — Ensuite, M. van der Waals présente, au nom de son fils **J. D. van der Waals Jr** : *Sur la loi de l'attraction moléculaire pour les points doubles électriques.* Souvent on a émis l'hypothèse que l'action des forces moléculaires est d'origine électrique. Une des suppositions les plus simples, c'est que les molécules se comportent comme des points doubles électriques; en effet, cette supposition a été adoptée par M. Reinganum et par M. Sutherland. Comme la formule donnant l'action entre deux points doubles électriques contient le facteur $\frac{1}{r^4}$, r représentant la distance des deux points, ils en ont déduit que les molécules s'attirent en raison inverse de la quatrième puissance de leur distance. Ainsi l'on trouve ici et là que l'hypothèse d'une attraction proportionnelle à $\frac{1}{r^4}$ est exigée par la théorie des électrons. Cependant, cette opinion est erronée. Déjà, en 1900, l'auteur a présumé que les attractions résultantes varient plus rapidement que $\frac{1}{r^7}$. Ici, il veut étudier de plus près la loi de l'attraction moléculaire résultante de deux points doubles constants; il le fait dans les suppositions suivantes : 1° Les molécules sont des points doubles électriques de moment constant m; 2° La distance moyenne des molécules est si considérable qu'on peut négliger l'influence mutuelle de plus de deux molécules simultanément; 3° Les vitesses et les accélérations ont une valeur si petite qu'il est permis de supposer que le champ des forces électromagnétiques est identique au champ électrostatique des points doubles dans leurs positions momentanées. Par les considérations de l'auteur, la présomption que la force en question varie plus rapidement que $\frac{1}{r^7}$ est confirmée. — Enfin, M. van der Waals présente, au nom de M. **A. Smits** : « *La figure tridimensionale (P, T, X) pour un système binaire dont les composantes se mélangent, dans l'état fluide et l'état fluide-cristallin, en toutes proportions.* — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Les équilibres dans les systèmes quaternaires.* Dans le système $CuSO^4$, $(AzH^4)^2SO^4$, Li^2SO^4, H^2O se présentent encore deux substances solides : $CuSO^4.(AzH^4)^2SO^4.6H^2O$ et $Li^2SO^4.(AzH^4)^2SO^4$. L'auteur en fait connaître les équilibres à l'aide d'un tétraèdre des coordonnées. — M. H. Lorentz présente, au nom de M. **L. S. Ornstein** : *Calcul de la pression d'un mélange de deux gaz à l'aide de la Mécanique statistique de Gibbs.* Dans sa thèse, l'auteur a déterminé, par la méthode de la Mécanique statistique, la pression d'un mélange de gaz, jusqu'aux termes du premier degré en σ_1^3, σ_2^3 et σ^3, où σ_1 et σ_2 sont les diamètres des molécules des gaz, tandis que σ remplace $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2)$. Dans un Mémoire paru récemment, M. Happel a déterminé l'équation d'état d'après une méthode due à L. Boltzmann, jusqu'aux termes d'un ordre supérieur en ces quantités. Ici l'auteur corrige sa méthode, de manière à rendre compte de ces termes d'un ordre supérieur, dans l'idée que la méthode de la Mécanique statistique est plus rigoureuse. L'expression trouvée par lui ne diffère que dans les notations de celle de M. Happel. — M. A. F. Holleman présente, au nom de MM. **A. Smits** et **J. P. Wibaut** : *L'interprétation dynamique d'une réaction chimique réversible.* — M. **J. P. van der Stok** présente : 1° en son propre nom : « Observations océanographiques et météorologiques dans l'Océan Indien, en septembre, octobre et novembre, de 1856 à 1904 »; 2° au nom de M. **E. van Everdingen** : « Les résultats des prédictions du temps de l'Institut météorologique royal néerlandais en 1904, 1905 et l'été de 1907 ».

De plus, le compte rendu de la séance contient la nouvelle que M. **H. Kamerlingh Onnes** a réussi à liquéfier le gaz hélium à une température de plus de 4° absolus.

3° Sciences naturelles. — M. **P. C. P. Hoek** : *Quelques résultats généraux sur les Cirripèdes de l'Expédition de la Siboga.* — M. van der Waals présente, au nom de M. **Th. Valeton** : « *Lindeniopsis*. *Un nouveau sous-genre des Rubiaceae.* — M. **S. H. Koorders** : *Contribution à la connaissance de la flore de Java.* Quatrième suite de la première partie. — M. **A. Prinsen Geerligs** présente : « Handboek ten dienste van de suikerrietcultuur en de rietsuiker-fabricatie op Java » (Traité sur la culture et la fabrication du sucre de canne à l'île de Java), seconde édition du tome premier. — M. S. Hoogewerff présente pour les Mémoires, au nom de M. **W. van Dam** : « Bijdrage tot de kennis van de lebstremming » (Contribution à la connaissance de la coagulation à l'aide de la présure). Sont nommés rapporteurs MM. C. A. Pekelharing et S. Hoogewerff. — M. J. W. Moll présente pour les Mémoires, au nom de M. **J. C. Schoute** : « Die Bestockung des Getreides » (Le taillage des céréales). Sont nommés rapporteurs MM. J. W. Moll et F. A. F. C. Went.

P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 17 15 SEPTEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Mort de MM. A. Giard, H. Becquerel et E. Mascart. — La Science française vient de perdre, en la personne de MM. Giard, Becquerel et Mascart, trois de ses plus éminents représentants. Il n'est point exagéré de dire que la disparition de ces savants est aussi, pour la science universelle, un deuil cruellement ressenti. S'associant aux regrets et à la douleur de leurs proches, la *Revue* consacrera prochainement à l'œuvre considérable de Giard, à la féconde et glorieuse vie de Becquerel et de Mascart des notices étendues. L. O.

§ 2. — Mathématiques

Les paradoxes de la théorie des ensembles. — L'ère des polémiques ouvertes sur la théorie des ensembles[1] semble près d'être close; elles ont cependant donné lieu à quelques récents travaux qui méritent d'être signalés ici.

M. Vivanti étudie, dans les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*[2], la démonstration de M. Zermelo. Celui-ci, de son côté, dans les *Mathem. Annalen*, discute les objections qui avaient été faites à cette démonstration. Enfin, dans la deuxième partie de son ouvrage sur *le développement de la théorie des ensembles*[3], lequel donne une exposition extrêmement complète et extrêmement consciencieuse, non seulement des principes, mais aussi des nombreuses applications géométriques de cette théorie, Schönflies reprend une à une toutes les antinomies précédemment signalées. Il résout d'une manière nouvelle quelques-unes de ces difficultés. Nous ne voyons cependant pas, dans les arguments qu'il invoque, — et qui demanderaient d'ailleurs de nouvelles explications sur plusieurs points[4], — de raisons suffisantes pour changer les solutions indiquées dans nos précédents articles.

Pour ce qui regarde, en particulier, M. Zermelo, nous continuons à estimer qu'on doit lui donner raison contre ses différents contradicteurs. Nous ne considérons même pas la démonstration en question comme entamée par les objections de M. Poincaré[1]. On sait que les critiques de M. Poincaré ont fait l'objet d'une réfutation de M. Peano. L'un des arguments donnés par ce dernier, celui qui est relatif à la « non-prédicativité », ne nous paraît pas porter d'une manière générale (en tant qu'il vise les principes de la Logistique). Mais il s'applique par contre, à notre avis, au raisonnement de M. Zermelo et montre que les définitions de ce dernier n'ont rien de non-prédicatif[5].

M. Schönflies s'occupe aussi de l'antinomie Burali-Forti, et établit une analogie qui nous paraît fort juste entre la manière dont elle se présente pour les nombres transfinis et celle dont elle se présente pour les nombres ordinaires. Il est tout aussi impossible, même en se plaçant au point de vue du transfini, de concevoir un nombre de Cantor plus grand que tous les autres et les comprenant, qu'un entier ordinaire plus grand que tous les autres et les comprenant.

§ 3. — Astronomie

Nouvelle détermination de l'axe du Soleil. — Sous la signature du Professeur H. Turner, l'*International Union Solar Research Computing Bureau* vient de publier sa première Note : elle a trait aux recherches effectuées à Greenwich sur la position de l'axe du Soleil.

On a employé à cette étude la statistique des taches enregistrées pendant les années comprises entre 1886

[1] Voir la *Revue* des années 1905-1906.
[2] Tome XXV, p. 205; 1908.
[3] Die Entwickelung der Lehre von den Punktmannigfaltigkeiten (*Jahresbericht der Deutschen Math. Vereinigung*); Leipzig, Teubner, 1908.
[4] C'est ainsi que nous n'avons pu comprendre le rôle que, dans sa critique relative à la démonstration de M. Zermelo, l'auteur fait jouer à l'ensemble IV de tous les nombres ordinaux (voir particulièrement page 34 du volume), surtout étant donné que (comme l'auteur le constate lui-même) cet ensemble n'existe pas.
[1] *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1906.
[5] En ce qui regarde cette dénomination, les lecteurs de l'ouvrage de M. Schönflies feront bien de noter qu'elle est appliquée, non à une définition qui implique contradiction (Cf. Schönflies, page 26, note), mais bien plutôt à une définition qui implique cercle vicieux.

Digitized by Google

et 1901 inclusivement. L'Observatoire de Greenwich, rappelons-le, est le mieux outillé au monde pour ce genre de recherches. C'est là, en effet, que sont centralisées toutes les observations photographiques du Soleil faites par les Observatoires de South Kensington, du Cap, de l'île Maurice et de l'Inde anglaise. Le chiffre des observations quotidiennes, qui s'élevait à 171 seulement en 1877, a été plus que doublé par suite de cette organisation, et, depuis 1889, de très grands progrès ont été réalisés dans cette voie. Chaque année, on réunit des photographies en nombre égal aux jours de l'année, à trois ou quatre près.

Il y a donc là une statistique de tout premier ordre, permettant une discussion approfondie de la position de l'axe du Soleil.

A cet effet, on a employé les groupes de taches visibles pendant dix jours au moins, et l'on n'a pas tenu compte de l'identité des groupes revenant deux fois ou plus. On a ensuite comparé la longitude et la latitude des groupes avec les valeurs moyennes données par les registres. Au point de vue de la longitude, ces groupes ont été classés de 10° en 10°, par rapport au méridien central; pour la latitude, on a soigneusement séparé les taches de l'hémisphère boréal de celles de l'hémisphère austral.

Les conclusions de l'auteur de l'article sont très intéressantes, sinon très précises :

1° Les déterminations effectuées entre $\pm 65°$ et $\pm 35°$ concordent assez bien et montrent qu'on peut considérer le globe solaire dans ces régions comme exempt de distorsion;

2° L'axe adopté jusqu'ici ne coïncide pas tout à fait avec celui qu'indiqueraient les phénomènes solaires photosphériques, pour la période étudiée tout au moins;

3° C'est dans la zone comprise entre — 20° et — 10° que la discordance est la plus forte.

La position de l'axe du Soleil adoptée jusqu'ici est de 7°15'; or, les nouvelles déterminations se contentent de dire que la nouvelle position de cet axe ne concorde pas avec l'ancienne, sans préciser davantage; c'est là une lacune regrettable que nous ne pouvons nous empêcher de signaler. **Th. Moreux.**

La vitesse radiale d'Algol. — On sait que l'étoile Algol ou β Persée est une variable rapide qui descend de la deuxième à la quatrième grandeur en 2 j. 20 h. 48' 53". A cette observation visuelle, connue depuis longtemps, on vient d'ajouter une mesure spectroscopique fort curieuse, qui la confirme.

Le Professeur Belopolsky a récemment exposé les résultats des observations faites de 1905 à 1907, à l'Observatoire de Pulkova, sur la vitesse radiale d'Algol. L'examen minutieux de chaque ligne sur chaque spectrogramme a permis de déduire les éléments suivants :

$\omega = 42°,5 \pm 1°,35$, $e = 0,0476 \pm 0,0037$, $T = 2,509 \pm 0,000.19$ jours, $a = 1.693.523 \pm 100$ Km., et $i = 90°$.

§ 4. — Art de l'Ingénieur

Le moteur à pétrole à bord des navires. — Malgré les progrès considérables réalisés en ces dernières années dans la construction et l'utilisation des moteurs à pétrole, leur adaptation à la navigation ne s'est pas encore étendue comme les premiers essais permettaient de l'espérer. Les exploits retentissants des « racers » qui figurent dans toutes les régates ne sont que des manifestations sportives sans portée pratique : leur but est simplement d'atteindre pendant un temps très court une vitesse aussi grande que possible, et aucune condition d'endurance ni de tenue à la mer n'est insérée dans les programmes. Quelques embarcations à moteur sont utilisées comme garde-pêches, ou pour certains services de passagers sur de faibles parcours; mais, quand on compare ce faible développement aux progrès immenses de l'automobilisme sous toutes ses formes, on ne peut qu'en être étonné et il est naturel d'en rechercher les causes.

La première est certainement que la question n'a pas encore été étudiée à fond. On s'est surtout occupé des moteurs à essence, dont les risques d'incendie sont considérables; c'est le moteur à pétrole lourd genre Diesel qui seul peut être admis sur les bâtiments qui ne sont pas des embarcations de courses. De plus, les constructeurs de moteurs et les constructeurs de coques n'ont pas encore fait les études d'ensemble indispensables, les premiers poursuivant toujours la recherche de la plus grande vitesse, c'est-à-dire de la plus grande puissance sous le moindre poids, les seconds tenant avec raison aux formes et aux échantillons de coque qui doivent donner aux bateaux de bonnes qualités nautiques, dût-on sacrifier un peu de la vitesse maxima. Le jour où l'on aura consenti de part et d'autre les sacrifices nécessaires, un grand pas sera fait et l'adaptation des moteurs à pétrole à la navigation prendra une extension rapide.

D'autre part, la vieille machine à vapeur, malgré ses inconvénients multiples, donne satisfaction au point de vue de la régularité de fonctionnement; et, bien que les moteurs à pétrole aient fait sous ce rapport des progrès considérables, ils n'inspirent pas encore dans tous les milieux une confiance absolue; on craint la fâcheuse « panne » qui immobiliserait un navire hors de vue de terre : cette appréhension, qui a existé pour la machine à vapeur, disparaîtra d'elle-même lorsque la pratique aura montré que les moteurs à pétrole sont, eux aussi, susceptibles d'un fonctionnement prolongé sans que leurs chances d'avaries soient particulièrement nombreuses.

En outre, la puissance que l'on peut développer dans chaque cylindre d'un moteur à pétrole est assez limitée : on n'a pas encore dépassé 200 chevaux, ce qui, avec quatre cylindres en tandem, ne permet jusqu'ici que 800 chevaux au plus par machine; on est donc amené, si l'on a besoin d'une plus grande puissance, à la répartir entre plusieurs machines actionnant chacune une hélice : on y gagne sous le rapport de la sécurité, mais on y perd en simplicité et en prix de la construction.

Le moteur à pétrole est actuellement plus cher que le moteur à vapeur de même puissance; mais c'est parce que sa construction, en dehors des moteurs de voitures, n'a pas encore été entreprise industriellement; le prix baissera vite, dès que les débouchés augmenteront.

Enfin, les gisements de pétrole sont répartis entre un assez petit nombre de pays, et l'Europe occidentale et centrale, en particulier, n'en possède pas; l'emploi de ce combustible obligerait donc à constituer des stocks dont le prix serait à la merci des possesseurs des sources, et serait en outre grevé de frais de transports importants. C'est là un des inconvénients les plus sérieux du pétrole, mais qui perdra rapidement de son importance si l'on exploite les gisements d'huile de schiste qui sont fort répandus, et dont la France possède quelques-uns qui suffiraient à alimenter une consommation intensive.

Il convient de mettre en regard de ces défauts les précieuses qualités du moteur à pétrole : poids et encombrement, qui sont à ceux du moteur à vapeur (et avec les mêmes coefficients de sécurité pour les pièces) dans le rapport de 2 à 3 %: d'où économie sur le tonnage et, par suite, sur le prix de revient, ou bien, si l'on conserve le même tonnage, augmentation de la capacité des cales; consommation de combustible beaucoup plus faible (0 kil. 300 de pétrole lourd par cheval et par heure, au lieu de 0 kil. 900 avec le moteur à vapeur) : d'où gain sur la distance franchissable (ou possibilité de réduire l'approvisionnement en conservant le même rayon d'action) et diminution très sensible de la dépense correspondant à chaque traversée; réduction de moitié environ sur le personnel nécessaire à la surveillance des machines en marche; sup-

Digitized by Google

pression des chaudières, qui sont toujours la partie la plus délicate de la machinerie, et d'où viennent presque tous les accidents. Pour les bâtiments de guerre, il faut y ajouter des avantages capitaux : possibilité de mettre en marche à une vitesse quelconque, sans avoir à allumer, puis à pousser les feux; facilités plus grandes pour atteindre la vitesse maximum; suppression de la fumée qui fait reconnaître les navires de loin, même la nuit; suppression des cheminées, qui sont très vulnérables et qui encombrent le pont, empêchant d'utiliser les canons indifféremment de chaque bord.

Aussi la marine de guerre, directement intéressée au développement des moteurs à pétrole, prend-elle les devants sur la marine de commerce; elle a déjà adopté ces moteurs sur la plupart des sous-marins en construction ou en essais, pour lesquels il est tout particulièrement supérieur aux moteurs à vapeur (nous avons expliqué pourquoi dans le numéro du 15 juin 1907 de la *Revue*); mais, non contente de cette application spéciale, elle a entrepris des études en vue des autres types de navires de guerre de tout tonnage.

C'est ainsi qu'on prépare actuellement les plans de moteurs Diesel de 2.000 chevaux à 8 cylindres, tournant 300 tours, pour les bâtiments très rapides tels que les contre-torpilleurs (déplacement 400 à 500 tonnes, vitesse 30 nœuds), et ceux de moteurs de 3.000 chevaux, également à 8 cylindres, et tournant à 150 tours, pour les grosses unités de combat (déplacement 18.000 à 20.000 tonnes, vitesse 20 nœuds); ces moteurs, réunis par 3 ou 4 sur chaque bâtiment, permettraient à la fois une meilleure utilisation du poids au point de vue de la puissance, et des dispositions d'armement plus avantageuses au point de vue de la valeur offensive. Il paraît probable que ces machines seront réalisées dans un délai relativement court.

On s'occupe aussi d'adapter le moteur Diesel aux embarcations des navires de guerre, pour lesquelles son emploi offrirait de très grandes commodités, et enfin de l'employer pour les machines auxiliaires des grands bâtiments, en particulier pour les dynamos qui alimentent l'éclairage, les pompes, les ventilateurs, etc. : on y gagnera de n'être plus obligé, comme à l'heure actuelle, de garder constamment une chaudière allumée quand le bâtiment est au mouillage. Ce sont là des utilisations pour lesquelles aucune étude n'est nécessaire, et qui peuvent être réalisées du jour au lendemain.

§ 5. — Physique

La projection stéréoscopique. — On sait qu'une photographie ordinaire, dans le cas de l'observation visuelle directe, ne produit d'impression plastique que si l'angle de vision de l'œil est identique à celui que l'objectif a occupé pendant la prise de la vue, et que, d'autre part, deux vues légèrement différentes d'un même objet peuvent se combiner, au moyen d'un dispositif stéréoscopique, en une seule image plastique.

On a fait, dans ces dernières années, de nombreuses tentatives pour assurer aussi cette impression de plasticité aux projections de photographies. Le procédé imaginé par M. E. Estanave, à Paris, est le premier qui donne une solution vraiment satisfaisante de cet intéressant problème.

Afin de mieux faire comprendre ce qui suit, rappelons que, pour produire une impression plastique, les deux images stéréoscopiques doivent être vues au même endroit, chaque œil ne voyant que celle qui lui est destinée. Or, dans les solutions du problème jusqu'ici proposées, les deux images stéréoscopiques étaient projetées sur l'écran, soit côte à côte, soit l'une sur l'autre. Dans le premier cas, il fallait produire, au moyen de stéréoscopes à réflexion ou à réfraction, la synthèse des deux vues partielles, dont chacune était déviée d'un certain angle. Dans le cas des images stéréoscopiques superposées, il s'agissait d'opérer une séparation convenable, de façon à ne rendre visible à chaque œil que celle qui lui était destinée.

Tout en étant basé sur ce dernier principe, le procédé Estanave est le premier qui se passe de tout dispositif stéréoscopique; ne nécessitant aucun appareillage compliqué ou dispendieux, ce procédé est d'une simplicité et d'un bon marché remarquables et permet l'adoption, sur une grande échelle, de la projection stéréoscopique.

L'écran indiqué par M. Estanave se compose de deux réseaux RR et R'R' (fig. 1), aux lignes parallèles, alternativement transparentes et opaques, séparés par une glace dépolie EE'.

Les objectifs O_1 et O_2 projettent sur l'écran le couple de vues stéréoscopiques I_1 et I_2, les lignes des réseaux étant disposées à angle droit par rapport à la droite reliant O_1 et O_2. Les objectifs sont suffisamment rapprochés pour que les images qu'ils projettent sur l'écran

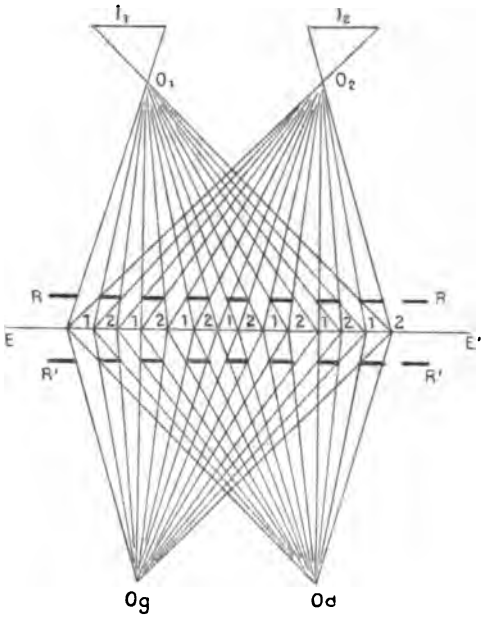


Fig. 1. — *Dispositif de projection stéréoscopique de M. Estanave.* — RR, R'R', réseaux à lignes parallèles; EE', glace dépolie; I_1, I_2, vues stéréoscopiques; O_1, O_2, objectifs; Og, Od, yeux de l'observateur.

empiètent l'une sur l'autre et que certains points homologues coïncident.

L'image de I_1 se produit sur la glace dépolie EE', sous la forme d'une image incomplète, composée des bandes 1, 1, 1, ... qui alternent avec les bandes 2, 2, 2, ... dues à I_2. Les choses sont disposées de façon que les deux systèmes de lignes n'empiètent pas l'un sur l'autre.

Un observateur dont les yeux sont placés en O_g O_d, dans des positions à peu près symétriques par rapport à l'écran et aux objectifs, verra, à travers les traits transparents du réseau R'R', *une seule image plastique.* L'œil O_g ne voit, en effet, que les bandes-images 1, 1, 1, ... correspondant à la vue stéréoscopique I_1, tandis que l'œil O_d ne voit que les bandes 2, 2, 2, ... correspondant à I_2, l'autre système de bandes étant couvert à l'œil correspondant par les lignes opaques de l'écran R'R'. Comme chaque œil n'observe, par conséquent, que la vue stéréoscopique qui lui est destinée, il se produit la sensation d'un relief parfait. Grâce à la finesse des réseaux, les bandes 1, 1, 1, ... et 2, 2, 2, ... sont tellement rapprochées qu'elles produisent l'impression d'une vue continue.

L'écran stéréoscopique, on le voit, divise une surface plane en deux plages visibles à l'un et l'autre œil res-

Digitized by Google

pectivement. Ces plages se composent de bandes parallèles, et celles qui correspondent à l'une d'elles alternent avec celles de l'autre. Le réseau RR sert à effectuer cette division et la localisation, dans l'une ou l'autre plage, des images de I_1 et I_2, tandis que le réseau R'R' ne sert qu'à communiquer à chaque œil l'impression voulue.

Dans la figure 2, le même écran a été tourné *dans son plan* d'un angle de 90°, de façon à rendre les traits des réseaux horizontaux, c'est-à-dire parallèles à la ligne des yeux, tandis que les objectifs de projection O_1 et O_2 se trouvent disposés maintenant sur une même verticale. Les vues stéréoscopiques I_1 et I_2 sont, par conséquent, placées l'une au-dessus de l'autre, et, puisque ces deux vues sont légèrement différentes, elles fournissent sur la glace dépolie deux images différentes, formées, l'une, des bandes-images 1, 1, 1, ... (pour I_1), et l'autre, de 2, 2, 2, ... (pour I_2). Aussi un observateur regardant sur l'écran par transparence, — sa ligne des yeux étant sensiblement parallèle aux lignes des réseaux — verra-t-il, ou la série de lignes-images 1, 1, 1, ... ou la série 2, 2, 2, ... suivant qu'il s'élèvera ou qu'il s'abais-

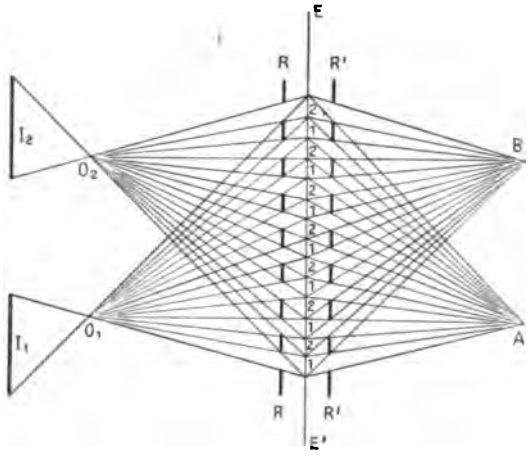


Fig. 2. — *Ecran à traits horizontaux permettant de faire mouvoir les images.* — Mêmes lettres que dans la figure 1.

sera, comme l'indique la figure 2 pour les positions successives A et B, c'est-à-dire suivant l'angle de vision de l'observateur par rapport à l'écran. Au lieu de supposer l'écran immobile, la position des yeux de l'observateur étant variable, on peut supposer cette dernière fixe, l'écran étant amené à pivoter légèrement autour d'un axe parallèle aux lignes des réseaux. L'impression reçue par l'observateur variant suivant le pivotement de l'écran, les images projetées sur ce dernier auront l'apparence de photographies vivantes.

Le procédé de M. Estanave se prête en premier lieu à l'emploi dans l'enseignement scolaire et académique. Si les projecteurs ordinaires sont désormais adoptés universellement comme aides indispensables de toute démonstration scientifique, l'écran Estanave vient leur apporter un complément très utile. Au lieu de confier aux auditeurs les objets petits et fragiles, servant aux démonstrations, l'on pourra, par exemple, se contenter de les projeter sur l'écran stéréoscopique, où ils produiront des effets d'une parfaite plasticité, visibles à tous les auditeurs. D'autre part, les figures si compliquées de la Géométrie de l'espace seraient comprises bien plus facilement grâce à la démonstration stéréoscopique, qui permettrait d'enseigner cette science par l'aspect. Les conférenciers scientifiques ou littéraires, à leur tour, se serviront volontiers de ce nouveau procédé.

La lampe de projection que construit M. E. Mazo, à Paris, pourra enfin servir à faire une publicité d'un nouveau genre, les yeux des passants étant captivés par l'aspect inaccoutumé des projections stéréoscopiques, douées d'une vie apparente.

Alfred Gradenwitz.

§ 6. — Physiologie

La parabiose artificielle des animaux à sang chaud. — Le fait que des parties complètement détachées du reste du corps animal ou humain peuvent se ressouder parfaitement forme le point de départ de l'évolution de la Chirurgie plastique. L'expérimentation scientifique s'est occupée de bonne heure du problème de la transplantation, et, dès 1863, M. P. Bert a tâché d'établir si la peau de deux animaux peut se réunir d'une façon organique, sans cependant se préoccuper de l'importance physiologique d'une union pareille.

MM. F. Sauerbruch et M. Heyde, à la Clinique chirurgicale de l'Université de Marbourg, se sont imposé la tâche de rechercher si des animaux à sang chaud peuvent être soudés les uns aux autres, de façon à continuer leur existence comme organismes quasi-unitaires. Deux lapins d'une grandeur à peu près identique ont été réunis en faisant du côté droit et gauche respectivement une coupure d'environ 10 centimètres de longueur, puis reliant les muscles abdominaux, se faisant face, par des fils profonds et combinant d'une façon continue les bords placés en regard de la peau des deux individus. Mais, pendant leurs premières expériences, suspendues bientôt, les auteurs n'ont réalisé de réunion organique permanente des animaux que dans certaines circonstances, les plaies commençant à suppurer, dans la plupart des cas, avec une tendance curative faible ou nulle.

Dans des expériences plus récentes[1] dont les auteurs viennent de rendre compte, l'union des deux individus a été opérée suivant des principes bien définis et à des points de vue divers, soit en séparant et en dégageant la peau comme dans les expériences antérieures, soit en mettant l'abdomen à découvert et en établissant, par une combinaison appropriée des plaies, une communication des cavités abdominales. Dans d'autre cas, les auteurs ont même établi une entéro-anastomose des intestins des deux individus ou une anastomose artificielle de leurs estomacs.

L'un des faits les plus frappants démontrés par ces recherches, c'est la rapidité avec laquelle les animaux s'habituent à l'état nouveau forcé, dès les premiers jours de cette parabiose artificielle, assurée d'abord par un bandage en plâtre. Tandis que ces bandages, de forme circulaire, sont en général mal supportés par les sujets, les individus artificiellement réunis ne tardent pas à gambader dans la salle, à prendre une nourriture très suffisante, enfin à se conduire comme des animaux parfaitement normaux. Il semble qu'après une parabiose de quelque temps, il s'établisse une certaine coordination commune des mouvements, les deux individus exécutant, en réponse aux mêmes stimulus, des mouvements identiques. Tandis qu'au commencement il arrive que l'un des deux va chercher sa nourriture à droite et l'autre à gauche, ils finissent par se mouvoir constamment de concert.

Quant aux caractères anatomiques de cette parabiose expérimentale, signalons l'hyperémie collatérale des tissus situés au voisinage immédiat de la zone de combinaison, et surtout la communication directe des vaisseaux sanguins, les environs de la plaie étant traversés par des vaisseaux nouvellement formés, représentant comme une injection naturelle de corpuscules rouges.

MM. Sauerbruch et Heyde retrouvent dans leurs expériences toutes les lois de la guérison des plaies que l'Histologie pathologique a fait connaître.

En raison des résultats négatifs obtenus par les expérimentateurs antérieurs, au sujet de la transplantation de lambeaux de peau, les auteurs ont renoncé *a priori* à toute tentative de réunir des individus de races

[1] *Münchener medizinische Wochenschrift*, n° 4, 1908.

Digitized by Google

différentes. D'accord avec l'expérience clinique et l'expérience du laboratoire, les chances de combinaison se sont trouvées être d'autant plus grandes que l'affinité des individus était plus étroite; elles sont maxima dans le cas d'individus d'âge tendre du même sexe et surtout provenant d'une même portée.

Les phénomènes physiologiques présentés par les animaux en état de parabiose expérimentale sont encore plus intéressants que les résultats anatomiques. Une fois la guérison terminée, les deux sujets forment un organisme un, dont l'existence, malgré l'indépendance relative des individus au point de vue de certaines fonctions somatiques importantes, est sujette à de nouvelles lois. La vie de l'un des animaux est étroitement liée à celle de l'autre, et la mort de l'un met fin, dans le plus bref délai, à l'existence de son compagnon. La mort du survivant suit celle de l'autre, après un intervalle en général de trois à quatre heures, mais quelquefois d'une demi-heure seulement, avec des convulsions tétaniques. Par sa rapidité et les stimulus cérébraux dont elle s'accompagne, l'agonie de ce second individu rappelle la mort par empoisonnement. Aussi convient-il peut-être de l'attribuer à la résorption de toxines cadavériques. En séparant l'individu mort de son compagnon, on peut sauver la vie de ce dernier, pourvu que la séparation se fasse dans un délai maximum d'une demi-heure.

Dans la parabiose de deux individus à développement différent, le plus vigoureux se nourrit quelquefois au dépens du plus faible. L'amaigrissement observé chez ce dernier, après une semaine environ, n'est aucunement dû à une absorption inadéquate de nourriture, l'alimentation des deux individus étant uniforme.

Les expériences jusqu'ici faites ne permettent pas d'affirmer si les produits du métabolisme de l'un des deux animaux sont nuisibles à son compagnon ou s'il s'agit d'une absorption directe de substances alimentaires.

La formation de vaisseaux nouveaux reliant les deux sujets rendait probable le passage direct de substances solubles d'un individu à l'autre, à travers les vaisseaux sanguins ou lymphatiques. Plusieurs expériences viennent démontrer la justesse de cette façon de voir. Il semble également que des éléments corpusculaires — des bactéries par exemple — puissent se rendre d'un organisme à l'autre, à travers ces vaisseaux nouvellement formés.

La question de savoir si et à quel degré l'organisme de l'un des individus peut suppléer aux fonctions de l'autre a été étudiée, en extirpant l'un des reins à un lapin réuni à son compagnon depuis trois semaines. Le sujet n'éprouvant pas le moindre malaise apparent, on a extirpé, quatre jours après, l'autre rein, en même temps que les deux reins d'un individu témoin ont été enlevés. Tandis que ce dernier, quatorze heures après, mourait d'urémie, la mort de l'individu associé à un autre ne s'est produite que quatre heures plus tard. Les crampes auxquelles l'individu-compagnon a été sujet témoignent du passage des produits de rétention de l'un dans l'économie de l'autre.

Les expériences nouvellement commencées par les auteurs, et dont il sera intéressant d'attendre les résultats, sont destinées à élucider certains problèmes analogues, et surtout les phénomènes de métabolisme dans le cas de l'extirpation d'organes vitaux.

Les résultats résumés dans cette Note font voir la possibilité de réaliser, par la combinaison artificielle de deux animaux à sang chaud, une parabiose expérimentale assez étendue.

§ 7. — Enseignement

Un projet d'écoles-élites pour les élèves exceptionnellement doués. — On discute depuis quelque temps, dans les cercles scolaires allemands, un intéressant projet, suivant lequel des établissements spéciaux, réservés à l'éducation de l'élite intellectuelle, seraient fondés à côté et indépendamment des écoles ordinaires, destinées aux élèves moyens.

Par cette mesure spéciale, prise dans l'intérêt de la minorité éminemment douée, l'on espère élever une aristocratie intellectuelle, susceptible d'exercer sur le développement de la civilisation une influence très supérieure à celle d'un nombre considérable d'individus d'intelligence moyenne.

Dans une étude récemment publiée, le Professeur Petzold fait remarquer que les élèves de tous les collèges allemands (comme ceux des établissements analogues des autres pays) peuvent se diviser, suivant leur capacité intellectuelle, en trois groupes, dont l'un comprend les quelques élèves exceptionnellement doués (environ 10 °/₀ du total), tandis que le nombre d'élèves moyens se monte à environ 80 °/₀ et le groupe inférieur, celui des moins doués, à 10 °/₀ du total.

Or, tous les professeurs s'attachent évidemment à permettre à un nombre d'élèves aussi grand que possible de monter dans une classe supérieure et, par conséquent, doivent consacrer le meilleur de leur temps aux élèves d'une intelligence moyenne ou même inférieure, en leur répétant sans cesse les mêmes règles de grammaire et les mêmes théorèmes de Mathématiques, qui ne peuvent pas ne pas ennuyer à la longue les élèves d'une mentalité supérieure.

A part le dégoût de l'enseignement scolaire que produisent chez eux les méthodes actuellement en usage, ces élèves n'apprennent jamais à utiliser la totalité des capacités dont ils disposent et, de cette manière, sont éduqués à la paresse intellectuelle. M. Petzold n'hésite pas à affirmer que toutes nos écoles actuelles servent presque exclusivement les fins des élèves d'une intelligence moyenne, en négligeant les intérêts des moins doués et des quelques individus doués d'une mentalité supérieure. On peut dire que ces derniers seraient capables de venir à bout, sans la moindre peine, d'un travail double ou triple et, outre un surcroît considérable de connaissances et de capacités, — avantage nullement négligeable, — y gagneraient un entraînement de force morale bien plus efficace encore.

On aurait tort d'objecter qu'en éliminant l'élite intellectuelle, le reste des élèves serait privé d'un élément stimulant, car — l'expérience la plus élémentaire le prouve — l'élève n'est guère entraîné par une individualité de mentalité nettement supérieure à la sienne.

On a fait entendre, dans ces derniers temps et à plusieurs reprises, une demande de plus en plus urgente d'individualisation de l'enseignement, et l'on se rend de mieux en mieux compte des obstacles sérieux que l'uniformité de programme oppose au développement mental des élèves. Or, l'un des pas les plus importants vers la réalisation de ce but consisterait précisément à fonder des écoles d'élites répondant respectivement aux diverses tendances.

Parmi les objections qui se présentent à l'esprit, il y a, sans doute, le danger dans lequel se trouveraient placés ces élèves privilégiés, de devenir la proie d'un orgueil démesuré. Comme cependant les écoles nouvelles, pour satisfaire au programme d'enseignement, demanderaient à leurs élèves des efforts bien plus grands que les établissements ordinaires, ce danger pourrait être facilement évité, surtout si les maîtres ne cessaient de répéter à leurs élèves dans quelles obligations exceptionnelles ils se trouvent placés, pour justifier les dons, indépendants de leur mérite personnel, dont la Nature les a gratifiés.

Il sera intéressant d'observer le progrès de cette idée si originale, qui probablement sera réalisée dans un avenir prochain.

Alfred Gradenwitz.

Digitized by Google

LA THÉORIE DU MOUVEMENT DE LA LUNE

SON HISTOIRE ET SON ÉTAT ACTUEL

Parmi les problèmes de la Mécanique céleste, celui du mouvement de la Lune occupe un haut rang, à cause de sa difficulté et du nombre des questions intéressantes auxquelles il a donné naissance. Il nous offre un bon exemple des méthodes générales de la science par lesquelles nous prédisons les phénomènes de la Nature. Pour atteindre ce but, il faut, d'abord, découvrir par l'observation les lois de la Nature, — ensuite s'enquérir des conditions particulières dans lesquelles ces lois s'exercent, et enfin, appliquant le raisonnement, prédire par déduction les résultats de leur action. Mais nous ne cessons jamais d'être en cours de recherche. Après avoir fait nos prédictions, il faut, par de nouvelles observations, déterminer si ces prédictions sont exactes. Si une divergence se manifeste entre les résultats observés et ceux que nous avons prédits par la théorie, il faut corriger, ou la forme des lois, ou les données que nous avons acceptées comme base de la prédiction.

C'est dans la Mécanique céleste que ces méthodes de recherche offrent leur plus complète manifestation. La loi fondamentale est celle de la gravitation universelle suivant la formule de Newton; les faits — on peut dire en ce cas les données — sont les éléments des orbites des planètes, leurs masses, et toute condition qui peut modifier leurs mouvements. Depuis l'énoncé de la loi de Newton, une succession de grands géomètres, tels que d'Alembert, Clairaut, Laplace, Lagrange, Euler, Plana, Damoiseau, Hansen, — je ne nomme pas les vivants, — ont développé et perfectionné les méthodes de déduction, tandis que les maîtres de l'Astronomie pure ont corrigé sans cesse les éléments astronomiques au moyen des observations. Comme résultat général de tous ces travaux, on peut dire que, sauf deux exceptions, l'accord des observations avec la théorie est aujourd'hui parfait. Les petites différences qui existent encore entre les observations et les conclusions de la théorie seront sans doute annulées par de légères corrections des éléments.

Les exceptions dont il s'agit sont le mouvement de la planète Mercure et celui de la Lune. Dans le cas de Mercure, il ne faut, pour expliquer la différence, qu'admettre l'existence de masses encore inconnues entre Mercure et le Soleil. La question de l'existence de ces masses n'appartient pas à notre sujet. Dans le cas de la Lune, nous nous trouvons en face d'une véritable énigme, d'un phénomène qui semble accuser l'action d'une cause inconnue, assez puissante pour changer ou le mouvement de la Lune, ou la rotation de la Terre autour de son axe. Pour donner une idée de la difficulté et de l'importance des questions soulevées par la divergence entre le mouvement théorique et le mouvement observé de la Lune, il faut esquisser sommairement la nature générale et l'état actuel de la théorie du mouvement de notre satellite.

I

Le but de toute théorie des mouvements célestes est la construction des formules algébriques qui expriment les coordonnées d'un corps en fonction du temps. Au moyen de ces formules, on parvient à calculer les dites coordonnées à un moment donné quelconque. La loi générale est celle de la gravitation universelle, dont l'expression est mise sous la forme de trois équations différentielles, dans lesquelles le temps s'introduit comme variable indépendante. Le cours de déduction est compris dans l'intégration de ces équations, qui conduit à l'expression des trois coordonnées d'un corps en fonction du temps et de six constantes arbitraires introduites par le processus d'intégration. Ces dernières sont les éléments de l'orbite parcourue par le corps. Ils ne sont pas donnés *a priori*; il faut les déterminer de manière à représenter les observations.

L'intégration complète n'est pas possible, sauf dans le cas où le nombre des corps n'est que deux, dont l'un est pris comme centre du mouvement, tandis que l'autre est celui dont on désire exprimer les coordonnées. Alors la solution prend la forme du mouvement dans une ellipse suivant les lois de Kepler. Quand on ajoute un troisième corps, il faut adopter la méthode des approximations successives.

Dans le cas de la Lune, le corps principal auquel le mouvement est rapporté est la Terre, dont le centre est l'origine des coordonnées. Si aucune force perturbatrice n'agissait inégalement sur la Lune et sur la Terre, l'orbite de la Lune serait une ellipse képlérienne. Mais l'action perturbatrice du Soleil est tellement grande et le problème de la détermination des résultats de son action sur la position de la Lune est tellement compliqué et difficile, que le génie de tous les grands géomètres du passé n'a pu suffire à en trouver une solution assez précise

Digitized by Google

pour satisfaire aux besoins de l'Astronomie moderne. Pour apprécier les solutions qui ont été effectuées, on remarque qu'elles sont de deux classes : l'une algébrique et générale, l'autre numérique. Dans la première classe, les coordonnées sont exprimées comme fonctions explicites des éléments; dans l'autre, les valeurs numériques des éléments sont introduites avant l'intégration.

La solution algébrique en termes finis n'existe pas; mais la petitesse de certains des éléments permet le développement d'une solution applicable au cas de la Lune, dans une série infinie de termes ordonnée selon les puissances et les produits de ces petits éléments. Pour ces éléments, on peut prendre :

e, e' les excentricités des deux orbites;
$\gamma = \sin {}^1/_2 I$ (inclinaison de l'orbite de la Lune sur l'écliptique);
m, rapport de la période de la Lune à celle de la Terre.

Les coefficients de cette série sont des fonctions périodiques du temps, et le problème est résolu quand nous avons calculé ces coefficients avec une exactitude suffisante. Parmi les géomètres du passé qui se sont occupés de ce problème, on peut nommer Laplace, Euler, Plana, de Pontécoulant, Lubbock, Delaunay. Aucun d'eux n'a réussi entièrement, parce qu'il est à peine possible, pendant le cours de la vie d'un homme, de calculer tous les coefficients de la série avec la précision demandée par notre astronomie.

Parmi les travaux de ces savants, ceux de Delaunay méritent notre attention particulière. Sa méthode est une extension de celle de la variation des constantes arbitraires, imaginée par Lagrange. Elle peut être décrite comme une transformation des équations différentielles du mouvement, dans laquelle les constantes arbitraires de la première intégration, c'est-à-dire les éléments elliptiques, deviennent de nouvelles variables. Les premières dérivées de ces variables par rapport au temps sont développées en séries infinies de termes, dont chacun est fonction des variables elles-mêmes et du temps. La théorie de ce développement et de l'intégration des équations différentielles par des approximations successives est bien connue depuis l'époque de Lagrange. Mais, quoique cette méthode soit applicable au cas des planètes, on rencontre des difficultés en l'appliquant au cas de la Lune, à cause du nombre des approximations qui seraient nécessaires.

Pour donner une idée de la méthode de Delaunay, soit a un élément quelconque du mouvement elliptique de la Lune. Une force perturbatrice agissant sur la Lune produit une variation de cet élément, que l'on peut exprimer sous la forme :

$$\frac{da}{dt} = P_0 + P_1 + P_2 + \dots \qquad (1)$$

où les P sont des fonctions des éléments et du temps, sauf P_0, qui ne contient pas le temps explicitement. L'idée de Delaunay est de prendre d'abord le terme constant P_0 et un des termes variables disons P_1, et d'effectuer l'intégration rigoureuse en omettant tous les autres termes. Ainsi notre élément, a, devient fonction de six nouvelles constantes arbitraires $a_1, b_1, c_1, \dots$ et du temps t :

$$a = f(a_1, b_1, c_1, \dots t). \qquad (2)$$

Pour tenir compte des autres termes, Delaunay prend les constantes arbitraires $a_1, b_1, \dots$ comme de nouvelles variables, dont les premières dérivées par rapport au temps deviennent fonctions de la forme [1], mais sans le terme P_1. Une nouvelle intégration, dans laquelle on tient compte des termes P_0 et P_2 seulement, sert à exprimer $a_1, b_1, \dots$ en fonction de t et de six nouvelles constantes arbitraires $a_2, b_2, \dots$ Ces dernières deviennent variables à leur tour, et ainsi de suite, à tel point que les termes qui restent sont si petits que leurs carrés et produits deviennent négligeables. Alors, l'intégration pour les termes qui restent se fait par une simple quadrature.

De cette manière, le problème est réduit à l'exécution d'une série d'opérations algébriques, comprenant des substitutions répétées sans fin, mais toujours se rapprochant de plus en plus des valeurs exactes des variables.

On ne peut qu'admirer le génie qui a conçu cette extension de la méthode féconde de Lagrange. Son application n'est pas bornée à la théorie de la Lune ; mais, comme l'ont montré Tisserand, Hill et d'autres, elle peut servir à faire faire un pas important à la théorie des planètes.

Le grand ouvrage de Delaunay : *Théorie du mouvement de la Lune*, est un monument de calcul algébrique et numérique si merveilleux qu'il semble extraordinaire qu'un seul homme ait pu l'ériger. Mais, quoique les résultats de Delaunay dépassent en précision tous les autres développements algébriques de la théorie de la Lune, ils ne suffisent pas aux besoins de l'Astronomie moderne. Dans la solution, chaque coefficient d'un terme est lui-même la somme d'une série infinie dont les termes sont ordonnés selon les puissances et produits des petits nombres e, e', γ et m, que j'ai déjà définis. Cette série est assez convergente quant à e, e' et γ. Mais la convergence des termes en m est souvent si lente, à cause des grands coefficients numériques, qu'il est presque impossible de calculer tous les termes de la série qui peuvent devenir sensibles. Il est même possible que le développement en puissances de m soit divergent pour quelques-uns des termes. Quoi qu'il en soit, il est certain que la théorie de Delaunay n'est pas développée assez

Digitized by Google

loin en puissances de m pour servir à nos besoins actuels.

II

Les méthodes dont j'ai parlé jusqu'ici sont purement algébriques et générales. C'est-à-dire e, e', γ et m conservent leurs valeurs algébriques et générales; le problème est d'exprimer les coordonnées de la Lune en fonctions explicites des éléments. Pour calculer les coordonnées, il suffit de substituer, dans leurs expressions algébriques, les valeurs numériques des éléments, comme elles sont données par les observations. Mais, vu les difficultés des développements algébriques que j'ai signalées, on a cherché à construire des formules pour le mouvement de la Lune actuelle, en substituant les valeurs numériques des éléments avant l'intégration. Alors, on trouve une solution particulière des équations du mouvement, au lieu de la solution générale. Damoiseau est, je le crois, le premier qui ait appliqué cette méthode. Mais la plus importante théorie numérique est celle de Hansen, sur laquelle sont basées les tables de la Lune dont on a fait usage pendant un demi-siècle. En principe, la méthode numérique de Hansen est assez simple. Dans les deuxièmes membres des équations différentielles du mouvement, on substitue des expressions numériques approximatives; et on trouve, par l'intégration, des valeurs des éléments et des coordonnées qui, on peut le croire, doivent être plus exactes que celles qui nous ont servi au début. On peut répéter le procédé aussi souvent qu'on voudra, ou bien jusqu'à ce que le résultat ne soit pas changé par la répétition. C'est ainsi que Hansen, après avoir calculé les valeurs des inégalités dont il a fait usage dans ses *Tables de la Lune*, a repris les calculs, et est arrivé à des valeurs de quelques-uns des termes légèrement différentes de celles des tables. Mais l'exactitude des résultats obtenus par cette méthode n'est pas à l'abri de toute objection.

D'ailleurs, la méthode purement numérique ne suffit pas à tous les besoins de la théorie, parce que les dérivées des coordonnées par rapport aux éléments ne peuvent être calculées au moyen de telles expressions. Par conséquent, on ne peut regarder la méthode de Delaunay, ni celle de Hansen, comme tout à fait satisfaisantes.

III

Je passe maintenant à une série de recherches qui, je le crois, nous conduisent à des résultats ayant toute l'exactitude demandée par l'Astronomie de notre temps. Cette série commence avec l'ouvrage de Leonhard Euler : *Theoria Motuum Lunae, Nova Methodo Pertractata*. C'est un fait assez remarquable, dans l'histoire de notre science, qu'un siècle entier se soit écoulé sans qu'aucun géomètre ait remarqué la supériorité de la méthode esquissée dans cet ouvrage d'Euler, dont la publication date de 1772. C'est en 1878 que M. George W. Hill fit paraître ses travaux sur le mouvement de la Lune, alors qu'on supposait nulles l'inclinaison et les excentricités, dont l'idée fondamentale ressort de l'ouvrage d'Euler. En 1888 parut le Mémoire célèbre de M. Hill sur le terme principal dans le mouvement du périgée de la Lune. Voici le principe de ses recherches : En regardant les mouvements moyens de la Terre autour du Soleil, et de la Lune autour de la Terre comme donnés, l'expression de chaque coordonnée de la Lune peut être développée dans une série ordonnée selon les puissances et les produits des excentricités e et e' des deux orbites, et de γ, sinus de leur demi-inclinaison. Soit y une telle coordonnée. On a :

$$y = P_0 + eP_1 + e'P_2 + \gamma P_3 + e\gamma P_4 + \ldots \qquad (3)$$

où les P sont des fonctions périodiques de la forme :

$$P = \sum h \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} (A + Bt). \qquad (4)$$

Les coefficients h sont des fonctions de m, le rapport des mouvements moyens du Soleil et de la Lune; les A sont des combinaisons linéaires des longitudes moyennes du Soleil, de la Lune, du périgée et du nœud, et les B sont des fonctions de m, e, e', et γ.

On sait qu'Euler avait cherché à développer séparément les valeurs de P. Mais il a rencontré une difficulté dans l'introduction de m, e, e', et γ dans les B. Pour cette raison, il a dû regarder les mouvements des arguments comme données d'observation. Ce que Hill a fait cent ans plus tard peut être résumé ainsi :

1° Il a conçu une méthode générale pour développer les termes de P_0, comme fonction des mouvements moyens, avec toute l'exactitude que l'on voudra; et il a porté le développement bien au delà de tous les besoins de l'Astronomie;

2° Il a développé une méthode nouvelle pour traiter la partie du mouvement du périgée qui est indépendante de e, e' et γ.

Ce que Hill a fait pour le périgée, Adam et Cowell l'ont fait pour le mouvement du nœud.

Naturellement, les idées et les méthodes de Hill sont applicables à la forme plus générale du problème dans laquelle e, e' et γ sont compris. Mais voici une difficulté qui se présente alors qu'on cherche à déterminer les coefficients P_1, P_2, etc., des puissances et produits des e, e' et γ dans la série. Dans la forme ordinaire d'un tel développe-

Digitized by Google

ment en série infinie, les coefficients ne contiennent pas ces éléments. Mais, comme je l'ai remarqué, nos éléments e, e' et γ entrent dans les valeurs de B et, par conséquent, dans les P. La difficulté est de développer les B, c'est-à-dire les mouvements du périgée et du nœud, en puissances et produits de ces quantités.

C'est Ernest W. Brown qui a abordé le problème ainsi présenté, et qui vient d'en vaincre une à une les difficultés et d'en compléter la solution. Les points principaux de la méthode appliquée par Brown peuvent être résumés comme il suit :

1° Au lieu de développer les coefficients h en puissances de m, le rapport des mouvements moyens, il emploie la valeur numérique m *ab initio*. Sa méthode est donc une combinaison des méthodes déjà décrites, étant algébrique en ce qui concerne e, e', et numérique en m;

2° Il a découvert une méthode pour former les dérivées par rapport à m, au moyen des dérivées par rapport aux autres éléments;

3° Il a aussi développé une méthode générale pour faire dépendre chacune des fonctions périodiques P_1, P_2, etc., de la solution d'une équation différentielle de deuxième ordre. Cette solution peut être obtenue avec toute l'exactitude qu'on désire par la solution d'un système d'équations linéaires;

4° A chaque pas, il détermine ceux des termes du mouvement du périgée et du nœud qui sont nécessaires à la solution;

5° Il a exécuté les calculs numériques de la théorie de manière à trouver chacun des coefficients pour la longitude, la latitude et la parallaxe de la Lune avec une erreur moindre que $\pm 0''01$;

6° Il a inventé des formules de vérification pour découvrir des erreurs quelconques dans les calculs numériques des termes.

La comparaison des coefficients de Hansen et de Delaunay avec ceux de Brown nous porte à croire que ces résultats sont aussi exacts qu'on peut le désirer.

Je dois signaler les travaux d'un autre savant qui a contribué à cette théorie moderne. Les coordonnées employées par Euler, Hill et Brown sont rectangulaires, et, après les avoir formées, il faut les transformer en des coordonnées polaires. M. H. Andoyer a proposé une méthode pour développer immédiatement les coordonnées polaires dans la même forme. Cette méthode me semble digne de l'attention des géomètres qui s'intéressent à la théorie en question.

IV

Jusqu'ici, j'ai parlé seulement de l'action du Soleil comme force perturbatrice modifiant le mouvement elliptique de la Lune autour de la Terre. Tant que l'orbite de la Terre ne change pas, les inégalités dans le mouvement de la Lune produites par l'action du Soleil sont purement périodiques. Le mouvement moyen de la Lune, de son périgée et de son nœud, serait uniforme de siècle en siècle, et les inégalités lunaires reprendraient leurs valeurs initiales toutes les fois que Lune, périgée et nœud retournent à leur positions d'origine. Mais l'action des planètes doit aussi produire de petits changements dans le mouvement de la Lune, et cela de deux manières : l'une, par la différence de leur action directe sur les deux corps, Lune et Terre, et l'autre, en modifiant le mouvement de la Terre autour du Soleil, ce qui change l'action du Soleil sur la Lune. En général, l'action des planètes est moindre que celle du Soleil dans le même rapport que leurs masses, et, par conséquent, on pourrait la croire négligeable. Mais l'observation et la théorie ont, toutes les deux, montré que l'effet de cette action est important. D'abord, la comparaison des observations modernes avec les éclipses de Lune rapportées par Ptolémée a montré à Halley que le mouvement moyen de la Lune avait été accéléré. Plus tard, on a estimé la quantité de l'accélération à 10″ par siècle. La cause de ce phénomène fut découverte par Laplace; c'est la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite de la Terre, produite par l'action des planètes. Les calculs de Laplace donnèrent 10″ comme valeur de l'accélération séculaire, de manière que l'accord de la théorie avec l'observation semblait complet. Vers 1850, Hansen reprit le calcul pour ses Tables de la Lune, avec le résultat 12″,18. Ses calculs ultérieurs, publiés dans son *Darlegung*, donnèrent un résultat encore plus grand de 0″,35, c'est-à-dire 12″,53. Il a essayé de justifier ce nombre, non seulement par la théorie, mais aussi par l'observation, en discutant plusieurs éclipses totales de Soleil rapportées par les anciens historiens. Mais cet accord a été détruit par les recherches profondes de J. C. Adams, qui trouva que, en poussant plus loin les approximations, la valeur de l'accélération n'était que presque la moitié de la valeur calculée par Hansen. Ce résultat a été aussitôt confirmé par Delaunay. En effet, Hansen, comme Laplace et les autres géomètres qui avaient abordé le problème, s'est borné à des termes de premier ordre par rapport à l'action perturbatrice du Soleil, tandis que les termes d'ordre plus élevé produisent des résultats bien sensibles. Les derniers calculs du Professeur Brown le conduisent à une valeur de 5″,81, résultat que nous pouvons accepter comme exact en théorie à quelques centièmes de seconde près.

Il y avait, donc, un désaccord bien marqué entre la théorie et l'observation, dont une *vera causa* a

Digitized by Google

été trouvée par William Ferrel, et plus tard par Delaunay, dans l'action de la Lune sur les marées. A cause du frottement, les marées ne sont pas symétriques par rapport à la direction de la Lune; il en résulte un couple dans l'action de la Lune sur la mer, qui tend toujours à retarder la révolution de la Terre autour de son axe, et à produire un petit accroissement dans la durée de notre jour, ce qui fait que notre mesure de temps est toujours en retard de siècle en siècle. Il faut un retard de 12 secondes seulement pour produire une accélération apparente de 6″ dans le mouvement moyen de la Lune. Des recherches ultérieures donnent une valeur apparente de l'accélération de 8″ seulement, de manière que le désaccord entre la valeur théorique et la valeur observée de cette quantité, c'est-à-dire l'effet du frottement, n'est que de 2″ par siècle.

Un fait intéressant est que le retard de la rotation de la Terre produit par les marées a été soutenu par Kant, quoique sa démonstration de l'effet ne fût pas correcte. Laplace a montré que l'action supposée par Kant n'existe pas; mais sa conclusion qu'il n'y a pas de ralentissement n'est pas bien fondée.

Laplace montra, par une comparaison du mouvement de la Lune avec les tables de Lalande, l'existence de quelques inégalités de longue période dans ce mouvement. Hansen est le premier qui ait pu montrer l'existence d'une telle inégalité dans la théorie. Dans ses *Tables de la Lune*, il a introduit deux inégalités dues à l'action de Vénus, dont l'une a une période de 273 ans, et l'autre de 239 ans. La première de ces inégalités existe actuellement dans la théorie, mais l'autre est bien petite, 0″24 seulement, ainsi que l'ont démontré Delaunay et Radau. La valeur adoptée par Hansen est presque cent fois trop grande, et, ce qui est pis, ni la valeur de Hansen, ni la valeur vraie, ne représentent les observations. C'est à ce désaccord énigmatique que je consacre la fin de mon étude.

Prenons d'abord le terme théorique de notre comparaison. Je ne puis imaginer que trois actions perturbatrices du mouvement de la Lune. Ce sont celles du Soleil, des planètes, et de la déviation de la Terre de la forme sphérique. Cette dernière ne peut produire aucune inégalité de période plus longue que celle du nœud de l'orbite lunaire, parce que, par sa rotation diurne, l'action de toute inégalité longitudinale dans la figure de la Terre s'annule dans la période d'un jour. L'action du Soleil est bien déterminée. Il ne reste donc que celle des planètes.

Le problème de l'action des planètes sur la Lune est le plus compliqué de tous les problèmes bien définis de la Mécanique céleste. Mais, depuis l'époque de Hansen, les méthodes pour calculer cette action ont été tellement perfectionnées par les recherches profondes de Delaunay, de Radau, de Hill et de Brown, que leurs résultats semblent hors de doute. La première inégalité de Hansen est la seule de longue période, avec une amplitude importante, qui existe dans la théorie.

C'est un caractère important de ces déviations observées qu'elles semblent être irrégulières plutôt que périodiques. Pour parler plus exactement, elles ne peuvent se représenter par un ou même par deux termes périodiques. Il est vrai pourtant qu'en admettant un terme dont la période est de 250 ans environ, on peut représenter la plus grande partie de la déviation, ce qui reste semblant tout à fait irrégulier. Les fluctuations les plus remarquables ont lieu depuis 1850. Vers cette époque, le mouvement moyen était accéléré et l'accélération parut continuer jusqu'en 1864. Alors, le mouvement fut subitement retardé, de sorte que, pendant la période de 1864 à 1890, le mouvement annuel en longitude a été plus petit de 1″5 qu'il n'était pendant la période de 1850 à 1863-4. Transportée à la Lune, la vitesse de ce corps a varié de deux ou trois kilomètres par an. Depuis 1890 environ, la direction de ce mouvement est renversée.

On peut imaginer deux hypothèses pour expliquer ces changements : ou ils sont réels, ou ils ne sont qu'apparents, étant produits par des changements dans la rotation de la Terre, de la même manière qu'un ralentissement de cette rotation produit un accroissement apparent de l'accélération séculaire. Pour décider entre ces hypothèses, il nous faut une preuve indépendante de l'uniformité de notre mesure de temps. Malheureusement, nous n'avons aucune preuve précise. La meilleure est fournie par le mouvement de Mercure. Les passages de cette planète sur le disque du Soleil, observés depuis 1677 jusqu'à 1907, accusent de semblables changements, mais leur quantité est inférieure à la moitié de celle qui est nécessaire pour expliquer le phénomène dont il s'agit. Il semble donc qu'une partie du changement est réelle, et qu'une autre partie est due à des changements dans la rotation de la Terre. N'est-ce donc pas que l'action de la Lune sur les marées est variable, et que la combinaison de cette action avec la réaction des marées sur la Lune peut complètement expliquer le phénomène ? Or, au contraire, cette réaction doit retarder, plutôt qu'accélérer, le mouvement actuel de la Lune. Je vais exposer brièvement la théorie de cette action et réaction :

1° En faisant abstraction de l'action du Soleil, le mouvement des marées est produit par l'action de la Lune;

2° Ce mouvement est nécessairement accompagné de frottement;

Digitized by Google

3° Ce frottement entraîne une diminution de l'énergie totale, cinétique et potentielle, du système Terre-Lune;

4° Le moment de momentum de ce système, ou la quantité :

$$\int m\left(x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}\right),$$

reste invariable. Il se divise en deux parties distinctes, celle de la Terre, et celle de la Lune, due à sa révolution autour de la Terre;

5° Le moment de la Terre ne peut être changé par aucune action mutuelle entre ses parties, même par le frottement. Pour qu'un changement se produise, l'action du couple, due à la Lune, est nécessaire, ce qui n'est possible que dans le cas où les marées sont asymétriques par rapport au rayon vecteur de la Lune;

6° Le même couple réagit sur la Lune, de sorte que l'accroissement de son moment est égal à la diminution du moment de la Terre;

7° Par la même réaction, la distance moyenne et le mouvement moyen de la Lune seront changés, de manière que, tout en conservant leur relation fixe, la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle du système se trouvera diminuée d'une quantité égale au frottement;

8° Le résultat de ces relations doit être, selon Sir George Darwin, un retard de 3″,6 environ de notre mesure de temps pour chaque 1″ d'accélération apparente du mouvement moyen de la Lune, et *vice versa*.

Ces conclusions théoriques, appliquées à notre problème, ne représentent point les changements observés. Autrement dit, pour expliquer les variations du mouvement moyen de la Lune par l'action des marées, il faut supposer des variations de presque une minute dans notre mesure du temps pendant les deux siècles consécutifs à 1700. Mais les passages de Mercure semblent montrer que ces variations ne peuvent pas dépasser quelques secondes.

Toute réflexion faite, il me semble que l'explication de l'énigme ainsi présentée est aujourd'hui le problème le plus important et le plus intéressant de la Mécanique céleste. Mais la question appartient au domaine de la Physique céleste plutôt qu'à celui de la Mathématique; et je me retiens de la discuter [1].

S. Newcomb,
Professeur émérite de Mathématique et d'Astronomie à l'Université Johns Hopkins.

L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LA RADIO-ACTIVITÉ

PREMIÈRE PARTIE : LA DÉCOUVERTE DES CORPS RADIO-ACTIFS

La radio-activité comprend aujourd'hui un très grand nombre de faits et de théories; son développement a été extrêmement rapide, et son importance est tout à fait comparable à celle de sciences beaucoup moins récentes, comme, par exemple, la Chimie physique. Pour donner une idée de l'étendue du sujet, je ne puis mieux faire que de rappeler qu'un cours de Radio-activité est professé actuellement à la Sorbonne, durant toute l'année, par Mme Curie.

La première observation des phénomènes fondamentaux a été faite par M. H. Becquerel sur les composés d'uranium, et les résultats des premières expériences de ce savant feront comprendre immédiatement ce que l'on doit entendre par substance radio-active.

Les sels d'uranium ont la propriété d'émettre spontanément une radiation capable d'impressionner la plaque photographique et de rendre les gaz conducteurs de l'électricité; lorsqu'une substance radio-active émet un rayonnement suffisamment intense, on peut provoquer, à l'aide de ce rayonnement, la phosphorescence visible d'un certain nombre de corps.

Différentes actions chimiques peuvent donner naissance à des phénomènes de phosphorescence et à une conductibilité des gaz. Par exemple, l'oxydation du phosphore produit une émission de lumière et une conductibilité électrique dans les gaz environnants; il en est de même du sulfate de quinine, lorsqu'il est soumis à une variation assez rapide de température. Mais, dans ces différents cas, un caractère essentiel des phénomènes de radio-activité fait défaut : la production des phénomènes n'est pas spontanée; elle est provoquée par des actions extérieures faciles à déterminer.

Une autre propriété fondamentale des substances radio-actives a été mise en évidence d'une manière précise par Mme Curie dans ses premières recherches : c'est la nature atomique de la propriété radio-active. Cette émission spontanée de rayons est liée essentiellement à l'atome d'uranium; elle n'est aucunement influencée par l'état de combinaison, et se conserve intégralement dans tous les composés d'uranium.

C'est là un fait extrêmement rare, et, parmi les

[1] Conférence faite devant le IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome.

Digitized by Google

nombreuses propriétés de la matière, on ne peut guère citer que la masse qui subsiste intégralement dans toutes les transformations d'ordre chimique, et qui se manifeste aussi d'une manière spontanée.

Quelque temps après la découverte de M. Becquerel, Mme Curie et M. Schmidt ont montré que les composés de thorium donnent lieu aux mêmes phénomènes que les composés d'uranium.

I

Des mesures précises de l'intensité du rayonnement émis par les substances radio-actives sont indispensables dans tous les travaux sur la radio-activité; elles sont généralement faites en déterminant la conductibilité des gaz soumis à ce rayonnement. Les impressions photographiques et les phénomènes de phosphorescence ne peuvent pas être utilisés pour des mesures, mais peuvent être très utiles pour des observations qualitatives. J'indiquerai, en peu de mots, quels sont les différents appareils employés pour les mesures de radio-activité.

On a montré que la conductibilité des gaz est due à la présence de particules chargées électriquement, qu'on appelle des ions. Les rayons qui provoquent cette conductibilité produisent dans le gaz des ions positifs et négatifs, qui se déplacent dans un champ électrique, et peuvent aller déposer leurs charges sur les corps électrisés.

Le courant électrique qui résulte de ce déplacement des ions peut être mesuré soit à l'aide d'un électroscope à feuille d'or, soit à l'aide d'un électromètre à quadrants. La méthode la plus simple consiste à déterminer la vitesse de déplacement de la feuille d'or de l'électroscope ou de l'aiguille de l'électromètre. Dans le cas de l'électroscope, le champ électrique est généralement produit entre un conducteur électrisé portant la feuille d'or et un plateau portant la substance active et mis en communication avec la cage de l'appareil. La vitesse de déplacement peut être mesurée en observant la feuille d'or à l'aide d'un petit microscope portant un micromètre, et en déterminant la durée du déplacement entre deux divisions fixes.

Avec l'électromètre, on emploie généralement un condensateur spécial formé de deux plateaux, dont l'un porte la substance et est amené à un potentiel élevé, et dont l'autre est en communication avec une paire de quadrants de l'électromètre. L'aiguille de l'électromètre est également portée à un potentiel élevé et l'on détermine la vitesse de déplacement du spot lumineux sur une échelle divisée.

L'installation des mesures avec l'électroscope est extrêmement simple et est susceptible d'une très grande sensibilité; des étalonnages assez fréquents sont nécessaires, mais ils peuvent être faits d'une manière très rapide avec une substance active bien fixe, comme l'uranium, et un grand nombre de très bons travaux ont été effectués avec ce dispositif.

Cependant, la méthode donnant les indications les plus constantes est celle qui a été employée par Pierre Curie et Mme Curie dans leurs recherches, et qu'on appelle la méthode du quartz piézo-électrique. Dans cette méthode, on utilise le phénomène découvert il y a déjà très longtemps par Pierre et J. Curie et désigné sous le nom de piézo-électricité. Ce phénomène est le suivant : Lorsqu'on excerce des déformations mécaniques sur certains cristaux, on donne naissance à des charges électriques sur certaines faces. Ainsi, lorsqu'on exerce une traction sur une lame de quartz taillée d'une certaine manière par rapport aux axes, il se dégage sur deux faces de la lame des quantités d'électricité égales et de signes contraires. La quantité d'électricité dépend des dimensions de la lame et est rigoureusement proportionnelle au poids qui effectue la traction. Dans la méthode du quartz piézo-électrique, on utilise ces charges électriques pour compenser les charges apportées par les ions gazeux sur le plateau d'un condensateur et, par exemple, on détermine le temps nécessaire pour que les charges électriques apportées par les ions compensent exactement la charge développée sur la lame de quartz par la traction d'un poids donné. Dans cette méthode, les mesures sont indépendantes de la disposition des appareils et la valeur absolue des courants peut être facilement calculée.

II

A côté des éléments uranium et thorium, qui sont les seuls parmi les éléments chimiques anciennement connus ayant une radio-activité notable, il existe des substances dont la radio-activité est incomparablement plus grande.

La découverte des principales substances nouvelles est due à Pierre Curie et Mme Curie, qui ont en même temps doté la science d'une nouvelle méthode de recherche d'éléments chimiques. Le développement considérable de la radio-activité est dû à ce nouveau procédé d'étude et à la découverte du radium.

Cette dernière découverte se présente en même temps comme l'un des plus beaux travaux qui aient été effectués dans les sciences physiques, aussi bien par le développement logique des recherches que par les difficultés d'ordre matériel qui ont été vaincues. Elle rappelle la découverte de l'analyse spectrale par Kirchhoff et Bunsen et sa conséquence immédiate, l'obtention des nouveaux métaux alcalins cæsium et rubidium; mais les difficultés ont

Digitized by Google

été beaucoup plus grandes pour démontrer l'existence du radium comme élément chimique nouveau et pour obtenir ses sels à l'état pur.

En premier lieu, Pierre Curie et Mme Curie organisent une méthode de mesure permettant de suivre la nouvelle propriété d'une manière précise; c'est la méthode du quartz piézo-électrique, qui est encore aujourd'hui la plus sûre pour toutes les études de radio-activité. Puis viennent les expériences de Mme Curie, qui établissent d'une manière incontestable la nature atomique de la nouvelle propriété, et montrent que seuls, parmi les éléments connus, l'uranium et le thorium sont radio-actifs d'une manière notable. Ensuite les minéraux sont examinés; seuls sont radio-actifs d'une façon appréciable ceux qui contiennent de l'uranium et du thorium. Mais ici une anomalie importante se présente : la radio-activité des minéraux est sensiblement plus grande que celle qui devrait résulter de la présence d'une certaine proportion d'uranium ou de thorium. Alors, malgré la nouveauté du phénomène, la conséquence suivante est immédiatement déduite : les minéraux doivent contenir des éléments chimiques nouveaux, plus fortement radio-actifs que l'uranium et le thorium. Les recherches sont immédiatement commencées dans cette direction.

Une petite quantité de pechblende est soumise aux traitements chimiques par les deux physiciens, qui n'ont aucune installation pour ce genre de travail, mais qui ont l'espoir que cette incursion dans le domaine chimique durera peu de temps et qu'ils pourront revenir bientôt à l'étude purement physique du phénomène. Une première confirmation est bientôt obtenue : des substances plus radio-actives que l'uranium et le thorium peuvent être séparées. L'existence de nouveaux éléments chimiques dans ces substances est immédiatement affirmée; l'un d'eux reçoit le nom de polonium, l'autre le nom de radium. Le premier élément hypothétique est avec les métaux précipitables par l'hydrogène sulfuré, le second avec les métaux alcalino-terreux. Les séparations aboutissent toujours à des matières de plus en plus actives, mais naturellement en quantités de plus en plus petites, et il apparaît bientôt qu'une quantité plus grande de matière doit être traitée. Plusieurs kilogs sont mis en traitement, et alors l'installation tout à fait rudimentaire qui est à la disposition des chercheurs rend les opérations chimiques très pénibles; malgré ce nouvel effort, le même résultat est obtenu, c'est-à-dire que l'on peut préparer des substances de plus en plus actives, mais l'activité ne tend pas vers une limite, et, lorsqu'on a accumulé toute l'activité dans quelques centigrammes de matière, celle-ci se présente encore comme renfermant une proportion extrêmement forte d'éléments non actifs. Cependant, au cours de ces traitements, une confirmation de l'existence d'un des nouveaux éléments est venue encourager à poursuivre encore les recherches. La matière renfermant l'élément hypothétique radium a été examinée au spectrographe par Demarçay et celui-ci a signalé l'existence d'une raie nouvelle, d'abord très faible, à côté de celles du baryum qui forme la masse principale de la matière; au fur et à mesure de la concentration de l'activité, cette raie se trouve renforcée. L'intensité très faible de la raie nouvelle montre également que c'est seulement en traitant plusieurs tonnes de matière qu'on peut espérer aboutir à l'obtention du sel pur, et ce traitement gigantesque est immédiatement entrepris. Le minerai étant trop coûteux, on se procure des résidus de fabrication qui doivent également renfermer le nouvel élément : les premiers traitements sont effectués dans une usine; les dernières concentrations, qui comprennent plusieurs centaines de cristallisations fractionnées, sont faites au laboratoire, toujours avec la même installation rudimentaire. Et, après plusieurs années d'efforts ininterrompus, une quantité suffisante de sel pur (environ 1 décigramme) est obtenue; il donne un spectre entièrement nouveau, et le poids atomique du nouvel élément peut être déterminé. D'après les dernières mesures de Mme Curie, ce nombre est 226,5.

Le radium est la seule substance radio-active nouvelle qui ait été obtenue à l'état de pureté; on doit ajouter que c'est la seule substance pour laquelle on ait fait un effort aussi considérable.

Les principales substances très fortement radio-actives qui ont été obtenues à côté du radium et du polonium sont l'actinium, que j'ai découvert aussi dans la pechblende, le radio-thorium, qui a été découvert par M. Hahn dans la thorianite, et l'ionium, qui a été signalé tout récemment par MM. Rutherford et Boltwood. Nous verrons plus loin que le radio-thorium est en relation étroite avec le thorium et que le polonium est également en relation avec le radium.

Les différences d'ordre chimique entre ces diverses substances sont les suivantes : Le radium, qui seul a été obtenu à l'état de sel pur, a des propriétés chimiques bien caractérisées, qui en font d'une manière évidente le terme le plus élevé de la série des alcalino-terreux. Son sulfate est encore plus insoluble dans l'eau que le sulfate de baryum; ses sels solubles (chlorure, bromure, azotate) sont isomorphes avec ceux de baryum, et c'est par des cristallisations fractionnées qu'on a pu obtenir la séparation complète des deux éléments.

La préparation du métal, dont les propriétés pourraient présenter un grand intérêt, paraît devoir

Digitized by Google

être aussi difficile que celle du baryum métallique; elle n'a pas encore abouti. Cette opération comporte, d'ailleurs, des risques assez sérieux de pertes de matière et l'on comprend qu'on hésite à l'entreprendre.

Le polonium, dans un grand nombre de réactions, est entraîné avec le bismuth : précipitation par l'hydrogène sulfuré, formation de sels basiques; il peut cependant être précipité par le chlorure stanneux avec le mercure et le tellure; il peut se déposer aussi partiellement sur des lames d'argent, de bismuth et même de platine. On a constaté une diminution graduelle de son activité avec le temps.

L'actinium a été obtenu mélangé avec les terres qui précipitent par l'acide oxalique en solution acide, et qui ne se dissolvent pas dans l'acide fluorhydrique; il accompagne ainsi le thorium et les terres rares. Si l'on effectue un fractionnement par la méthode des nitrates doubles de la série magnésienne, il passe dans les portions les plus solubles des terres cériques avec le néodyme et le samarium.

Enfin, sur le radio-thorium, on a peu de renseignements au point de vue de ses propriétés chimiques; on sait seulement qu'il est généralement entraîné avec le fer.

En réalité, excepté pour le radium, dont les sels ont été obtenus à l'état pur, on ne pourra être renseigné d'une façon bien précise sur les propriétés chimiques de ces substances que lorsqu'elles auront été séparées complètement des matières étrangères qui les accompagnent.

Actuellement, malgré la radio-activité très intense qui a été obtenue avec quelques-unes d'entre elles, elles sont encore extrêmement diluées, et les séparations chimiques que l'on observe peuvent être considérées seulement comme des entraînements par certains éléments connus. C'est ce qui n'a pas été compris par certains expérimentateurs, qui ont annoncé, en se basant sur de faibles différences d'ordre chimique, l'existence de substances nouvelles qui ont été reconnues plus tard comme identiques avec des substances antérieurement connues.

Ainsi, une substance identique au polonium a été désignée pendant quelque temps sous le nom de radio-tellure ; une autre, identique à l'actinium, avait reçu le nom d'émanium. Pour éviter de pareilles confusions, il ne faut pas s'attacher exclusivement aux procédés chimiques de concentration; il faut surtout examiner les propriétés radio-actives spéciales de chaque substance. Nous verrons, en effet, qu'il est très facile de distinguer entre elles les différentes substances en utilisant seulement leurs propriétés radio-actives.

III

Nous avons vu que les substances radio-actives sont caractérisées par l'émission spontanée d'un rayonnement spécial; j'indiquerai maintenant les principales propriétés de ce rayonnement.

Un premier point qui résulte des expériences de MM. Becquerel, P. Curie et Mme Curie, Rutherford, Villard, etc., c'est la complexité du rayonnement émis par les sels de radium. On a pu y distinguer différentes espèces de rayons, qui peuvent être comparés à ceux qui sont obtenus par la décharge électrique dans une ampoule de Crookes.

On sait qu'on a pu constater dans cette ampoule l'existence de trois espèces de rayons : les *rayons cathodiques*, qui partent normalement de l'électrode négative; les *rayons-canaux*, qui se trouvent en arrière de la cathode lorsque celle-ci est perforée; et enfin les *rayons Rœntgen* ou *rayons X*, qui partent principalement d'une lame métallique, appelée anticathode, placée en face de la cathode. On a pu démontrer que les rayons cathodiques sont constitués par des particules beaucoup plus petites que les atomes, chargées négativement, qu'on appelle des *électrons*; la vitesse de ces particules est de l'ordre de 100.000 km. par seconde; que les rayons-canaux sont formés de particules beaucoup plus grosses, chargées positivement et ayant une vitesse un peu moindre; enfin que les rayons Rœntgen ne sont pas électrisés : ils se présentent comme une perturbation particulière de l'éther qui prend naissance chaque fois qu'un électron animé d'une grande vitesse est arrêté brusquement par un corps solide.

Les rayons émis par les substances actives peuvent être également classés en trois catégories : les rayons α, électrisés positivement et analogues aux rayons-canaux; les rayons β, électrisés négativement et analogues aux rayons cathodiques, et les rayons γ, non électrisés et analogues aux rayons Rœntgen.

Les charges électriques émises par les rayons du radium ont été constatées pour la première fois d'une manière directe par Pierre Curie et Mme Curie.

La distinction entre les diverses espèces de rayons peut être établie de différentes manières. On peut d'abord utiliser leurs différents pouvoirs de pénétration à travers la matière. Les rayons α sont les moins pénétrants : ils sont complètement absorbés par une épaisseur d'air de quelques centimètres, ou par une feuille d'aluminium de 1/30 de millimètre. On connaît des rayons β de différentes pénétrations ; mais, en général, ils sont beaucoup plus pénétrants que les rayons α : certains d'entre eux peuvent traverser une épaisseur d'aluminium d'un centimètre. Enfin, les rayons γ sont très

Digitized by Google

pénétrants et l'on a pu constater qu'ils ne sont pas complètement absorbés par un écran de plomb de plusieurs centimètres d'épaisseur.

L'action d'un champ magnétique permet d'obtenir une séparation des différentes espèces de rayons. En effet, la projection de particules électrisées peut être assimilée à un courant électrique, et un champ magnétique intense pourra exercer sur les particules du mouvement une action suffisante pour modifier leur trajectoire. Ce sont les rayons β qui sont les plus sensibles à l'action du champ magnétique ; les rayons α subissent, pour un même champ, une déviation beaucoup plus faible et en sens inverse. Les rayons γ ne subissent aucune déviation. On peut représenter l'action d'un champ magnétique sur un faisceau comprenant les trois espèces de rayons par le schéma ci-contre (fig. 1) ; le champ magnétique, produit, par exemple, par un électro-aimant, étant normal au plan de la figure et dirigé en arrière de ce plan, les rayons α sont déviés faiblement vers la gauche, les rayons β sont déviés fortement vers la droite.

On peut également modifier la trajectoire des particules électrisées des rayons α et β par l'action d'un champ électrique, par exemple, en les faisant passer entre les plateaux d'un condensateur à air ; mais la déviation obtenue est toujours très faible. Les rayons α sont naturellement attirés vers le plateau chargé négativement et les rayons β vers le plateau chargé positivement.

On peut montrer facilement que les déviations électriques et magnétiques doivent dépendre de la charge électrique de chaque particule, de sa masse et de sa vitesse; si, pour une certaine espèce de rayons, l'on mesure les déviations dans des champs d'intensité connue, on peut calculer la vitesse de la particule électrisée et le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge e d'une particule à sa masse m.

Ces mesures ont été faites pour les différentes espèces de rayons. Les mesures relatives aux rayons β sont dues principalement à M. H. Becquerel et à M. Kauffmann. Elles ont montré que le rayonnement β émis par le radium comprend des rayons de vitesses très différentes, depuis une vitesse environ moitié de celle de la lumière jusqu'à une vitesse presque égale à celle-ci, soit 300.000 km. par seconde.

Les rayons les plus rapides donnent un rapport $\frac{e}{m}$ notablement plus petit, d'après les expériences de M. Kauffmann, que celui correspondant aux rayons plus lents. Ce dernier paraît devoir être identique au rapport $\frac{e}{m}$ des rayons cathodiques; mais la vitesse de ces derniers est encore plus petite. Dans les théories actuelles sur la nature de l'électricité, la variation du rapport $\frac{e}{m}$ avec la vitesse de la particule β a reçu une interprétation de très grande importance; on a pu montrer, en effet, que les apparences matérielles de l'électron en mouvement, inertie, énergie cinétique, peuvent être entièrement expliquées par la seule considération de la charge électrique en mouvement rapide dans l'éther, et que la masse apparente qui résulte de ce mouvement doit augmenter rapidement lorsque la vitesse s'approche de la vitesse de la lumière. D'après toutes les recherches effectuées, le rayon β doit être considéré comme un rayon cathodique de grande vitesse et constitué par un électron en mouvement rapide.

Les mesures des déviations magnétiques et électriques sur les rayons α sont dues principalement à M. Rutherford. Elles conduisent à admettre, en

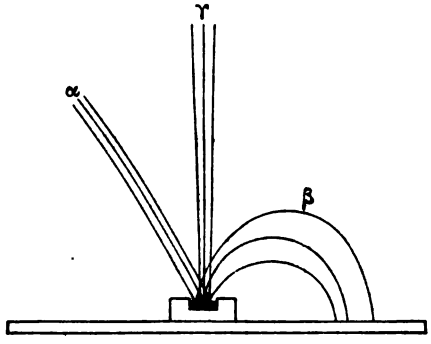


Fig. 1.

première approximation, que toutes les particules α ont le même rapport $\frac{e}{m}$ dans les rayons émis par les différentes substances actives : radium, thorium, actinium, polonium, et que, si l'on admet que la charge électrique e est égale et de signe contraire à celle de l'électron, la masse de chaque particule est deux fois celle d'un atome d'hydrogène.

Comme je l'ai déjà indiqué, les rayons γ ne subissent aucune déviation par un champ magnétique ou par un champ électrique.

Les différentes espèces de rayons peuvent exciter la phosphorescence d'un certain nombre de substances : les sels alcalins et alcalino-terreux, le verre, le platinocyanure de baryum, le sulfure de zinc, certains minéraux, la wilemite, la kunzite, le diamant, etc., et aussi certaines substances organiques, le papier, le coton; j'ai pu constater récemment que la peau des mains devient aussi lumineuse sous l'influence des rayons du radium. Cependant, toutes ces substances ne sont pas également sensibles aux différents rayons; ainsi le platinocyanure de baryum est particulièrement sensible aux rayons γ et le sulfure de zinc aux rayons α. La

Digitized by Google

phosphorescence du sulfure de zinc sous l'influence des rayons α présente une particularité très curieuse. Lorsqu'on examine à la loupe la substance phosphorescente soumise aux rayons, on constate qu'elle n'est pas uniformément lumineuse, mais que, sur sa surface, il se produit une infinité de petits points lumineux qui apparaissent et disparaissent très rapidement; on a l'impression d'une multitude de petites étincelles produites sur le sulfure de zinc. On a pensé que chaque petit point lumineux était produit par le choc d'une particule α et l'on a cherché à déterminer le nombre de particules émises par seconde par une substance active, en observant le nombre de points lumineux qui apparaissent pendant le même temps sur un écran au sulfure de zinc. Quoi qu'il en soit, ce phénomène de scintillation paraît une propriété tout à fait caractéristique des rayons α.

Le trajet des différentes espèces de rayons peut être suivi par la phosphorescence, et l'on peut constater ainsi la déviation dans un champ magnétique et aussi le passage des rayons à travers différents écrans.

On peut encore plus exactement suivre les trajectoires des rayons en utilisant la plaque photographique. Ce procédé, qui a surtout été employé par M. Becquerel, permet de vérifier la forme des trajectoires des rayons β dans un champ magnétique et diverses autres propriétés.

Les rayons α, β et γ ionisent les gaz, c'est-à-dire qu'ils les rendent conducteurs en créant dans leur masse des charges positives et négatives qui se déplacent dans un champ électrique; c'est par l'ionisation provoquée dans les gaz qu'on peut avoir une mesure de l'intensité de rayonnement d'une substance active. Ce sont les rayons α qui produisent généralement la plus forte ionisation; comme ces rayons sont très absorbables, il en résulte que l'ionisation par une substance active est très fortement diminuée par un écran, même lorsqu'il est très mince. L'absorption des rayons par la matière a fait l'objet d'un très grand nombre de travaux, qui ont donné des résultats très intéressants, particulièrement avec les rayons α.

Il a été constaté, en premier lieu, par Mme Curie que les rayons α ont dans l'air un parcours limité très brusquement, et qu'à partir d'une certaine distance de la substance active, on ne constate plus la présence de rayons α. Par exemple, pour le polonium, on constate la disparition à 4 centimètres, pour le radium à 7 centimètres. MM. Bragg et Kleemann ont repris l'étude de ce phénomène et en ont donné une théorie très satisfaisante.

Ils ont montré que chaque substance active (et nous verrons plus loin qu'on doit supposer l'existence d'un grand nombre de substances actives) émet des particules α de même espèce et ayant toutes la même vitesse. Si la substance active était infiniment mince, toutes ces particules auraient dans l'air exactement le même parcours; cette distance est une grandeur caractéristique de l'espèce de rayons α et aussi de la nature de la substance active.

Il a été constaté par Rutherford que le phénomène de scintillation et l'impression photographique cessent de se produire à la même distance que l'ionisation dans le gaz, et que cependant, à ce moment, la vitesse de la particule α doit avoir une valeur égale à plus de 40 °/₀ de sa valeur initiale.

Enfin, il doit être signalé qu'à côté des rayons précédemment décrits, certaines substances actives émettent des électrons avec de très faibles vitesses, et que les rayons β et γ, en frappant la matière, donnent lieu à une émission sur cette masse de rayons secondaires analogues à ceux que produisent les rayons Rœntgen.

IV

Avant de parler des phénomènes nouveaux dont l'étude a conduit aux théories actuelles de la radioactivité, je dois indiquer les hypothèses très générales qui avaient été faites, dès le début de leurs recherches, par Pierre Curie et Mme Curie, pour expliquer les propriétés si spéciales des substances radio-actives.

Le point principal à expliquer, c'est l'émission spontanée et continue d'énergie; et, comme nous le verrons plus loin, la quantité d'énergie émise est beaucoup plus considérable qu'on ne pouvait d'abord l'imaginer.

Les deux hypothèses suivantes ont été proposées :

Dans la première hypothèse, on supposait que l'énergie était fournie par l'extérieur sous forme d'un rayonnement spécial. Ce rayonnement, de nature inconnue, aurait provoqué dans les substances radio-actives un phénomène analogue à celui qui semble se produire avec les substances phosphorescentes; il aurait été absorbé par la substance active et son énergie restituée à l'extérieur sous forme de rayons α, β, γ, etc.

Dans la seconde hypothèse, on supposait que l'énergie était empruntée à la substance active elle-même ; l'émission d'énergie devait donc être accompagnée d'une modification de cette substance. Pierre Curie et Mme Curie, qui avaient mis en évidence le caractère atomique de la nouvelle propriété, supposèrent d'une manière très hardie, avant même la découverte du radium, que, en ce cas, la transformation devait porter sur l'atome radio-actif lui-même, qui subissait ainsi une véri-

Digitized by Google

table transmutation pour aboutir à des atomes différents. Une des conséquences les plus importantes avait été également indiquée : c'est la disparition progressive de l'élément radio-actif, qui doit faire place à d'autres éléments.

Cette hypothèse de désagrégation atomique permet également de comprendre l'émission de particules matérielles animées de grandes vitesses.

Il n'est d'ailleurs pas impossible de combiner ces deux hypothèses et de supposer qu'il existe une transformation atomique provoquée par une action extérieure de nature inconnue et agissant d'une manière continue sur la substance active.

Comme on le sait, c'est l'hypothèse de la transmutation atomique qui s'est montrée la plus féconde et qui a servi de base aux théories actuelles.

V

Le fait principal qui a conduit à ces théories est le suivant : Dans diverses circonstances, on peut produire, à l'aide des substances radio-actives dont l'activité paraît constante et permanente, des phénomènes de radio-activité dont l'intensité va en décroissant avec le temps.

La première observation de cette nouvelle propriété a été faite par Pierre Curie et Mme Curie avec les sels de radium. Ils avaient placé dans une même enceinte différents objets et une certaine quantité d'un produit contenant du radium; ils constatèrent qu'après avoir séjourné ainsi à côté du sel de radium les objets étaient devenus eux-mêmes radio-actifs : ils émettaient d'une manière spontanée un rayonnement tout à fait analogue à celui du radium, produisant l'ionisation de l'air, la phosphorescence, l'impression photographique. Ces phénomènes de radio-activité disparaisssaient assez rapidement avec le temps, après qu'on avait interrompu l'action du radium; ils ont été désignés par Pierre Curie et Mme Curie sous le nom de radio-activité induite.

Peu de temps après, le même phénomène fut observé par Rutherford avec les sels de thorium. Il constata, de plus, que les gaz qui ont passé sur de l'oxyde de thorium possèdent une radio-activité qui disparaît rapidement avec le temps. Il supposa immédiatement que les gaz renfermaient une substance gazeuse radio-active particulière, à laquelle il donna le nom d'émanation du thorium.

Les mêmes phénomènes ont été également observés par moi avec les sels d'actinium. J'observai, aussi, un peu plus tard, que des phénomènes de radio-activité temporaires peuvent être obtenus en effectuant certaines séparations chimiques. Ainsi, si l'on ajoute un sel de baryum à une solution de sel d'actinium et qu'on sépare ensuite les deux métaux par l'action de l'ammoniaque, on constate que le sel de baryum a acquis une activité assez forte, qui disparaît progressivement avec le temps. Comme on le verra plus loin, la présence du baryum n'a aucune influence sur la production du phènomène.

Le phénomène de la radio-activité induite fut étudié par Pierre Curie et divers collaborateurs. Il fut montré que la cause immédiate du phénomène est dans le gaz qui a séjourné avec le sel de radium; ce gaz est lui-même radio-actif et renferme aussi une émanation qui disparaît progressivement avec le temps. Les lois de décroissance de l'intensité des différents phénomènes furent également étudiées d'une manière très détaillée. La présence d'une émanation fut également constatée dans le cas de l'actinium.

Une théorie générale permettant de relier ensemble tous ces phénomènes a été donnée par MM. Rutherford et Soddy, à la suite d'une série d'expériences effectuées avec le thorium. Ils constatèrent d'abord qu'on peut obtenir avec les composés de thorium un phénomène analogue à celui que j'avais constaté avec l'actinium, c'est-à-dire que, par des séparations chimiques, on peut extraire des substances temporairement radio-actives. Ils étudièrent les lois du phénomène et ils l'interprétèrent sur la base suivante : Ils supposèrent que l'existence de phénomènes de radio-activité, que ces phénomènes semblent permanents ou qu'ils soient temporaires, est liée à la présence de substances radio-actives particulières et que la disparition ou l'apparition des phénomènes de radio-activité indique la destruction ou la formation de ces substances actives. C'est, comme on le voit, une extension des idées qui avaient amené la découverte du radium.

Ils désignèrent ces nouvelles substances actives de différentes manières. Ainsi, ils appelèrent thorium X la substance hypothétique qui peut être séparée chimiquement du thorium, et dont l'activité disparaît peu à peu avec le temps. Ils montrèrent que le thorium X est produit d'une façon continue par le thorium et que son activité est une partie importante de l'activité des sels de thorium; que c'est le thorium X qui produit l'émanation du thorium, et enfin que c'est l'émanation qui produit l'activité induite. Cette activité induite, constatée sur les corps ayant été en contact avec l'émanation, est attribuée au dépôt de nouvelles substances actives, qui ont reçu le nom de thorium A et de thorium B.

D'autre part, l'étude de Pierre Curie sur la disparition de l'activité induite par les sels de radium montra qu'on devait admettre l'existence de plusieurs espèces de radio-activité se succédant l'une à l'autre. D'après la théorie précédente, cela indique la présence de plusieurs substances actives

Digitized by Google

dérivant de l'émanation du radium et qui ont reçu le nom de radium A, radium B, radium C. Les lois du phénomène indiquaient aussi que la formation d'un terme d'une série est proportionnelle à la destruction du terme précédent, par exemple que la formation du radium C est proportionnelle à la destruction du radium B, ce qui s'interprète le plus simplement en admettant que le radium B se détruit en formant le radium C.

Les recherches sur l'actinium ont montré également une succession de différentes substances : actinium X, émanation, actinium A, actinium B.

En fait, ces lois de formation et de destruction des substances actives sont exactement celles qui sont observées pour les réactions chimiques ordinaires dans le cas de transformations monomoléculaires. Lorsqu'un corps A subit une transformation monomoléculaire, la quantité qui se transforme en un temps donné est proportionnelle à chaque instant à la quantité encore existante : $dq = -Kqdt$. K est le coefficient de vitesse de la transformation. La loi de disparition est alors une exponentielle simple; elle a pu être vérifiée dans un certain nombre de cas, en particulier dans le cas de la transformation de l'acétochloranilide en acétanilide parachloré. La vérification est d'ailleurs généralement très difficile à faire dans le cas des actions chimiques ordinaires, car les dosages sont souvent peu praticables. Au contraire, dans le cas des transformations radio-actives, on a pu obtenir une vérification parfaite par les mesures de radio-activité.

Si une substance active était seule et se détruisait en donnant naissance à une substance non active, alors le phénomène se présenterait avec une grande simplicité. La radio-activité diminuerait suivant une loi exponentielle simple, c'est-à-dire que la même proportion d'activité disparaîtrait pendant des temps égaux; par exemple, la moitié de l'activité mettrait toujours le même temps à disparaître.

Cette loi est représentée par l'équation $I = I_0 e^{-\lambda t}$. Si l'on porte en abscisses les temps et en ordonnées les logarithmes des activités, on obtient alors une droite.

Si, au contraire, le corps A donne naissance à une autre substance active B, et si celle-ci produit une substance C également active, etc., alors les phénomènes deviennent beaucoup plus compliqués. Supposons qu'au début il existe seulement du corps A; celui-ci va se détruire suivant la loi précédente, et l'activité due à sa présence ira en décroissant suivant une exponentielle simple. La quantité de substance B est d'abord nulle; elle ira en augmentant par suite de la production par A, et cette production est proportionnelle à la destruction de A. Mais B disparaît également, et cette disparition est proportionnelle à la quantité de B; alors la quantité de B, et par conséquent l'activité due à sa présence, ira d'abord en augmentant, passera par un maximum, puis diminuera progressivement. On peut démontrer que la loi de variation de la concentration du corps B et, par conséquent, de son activité peut être représentée par une différence de deux exponentielles : une première qui est caractéristique de la destruction de A, une seconde caractéristique de la destruction de B. Pour la variation de C, on aura trois exponentielles, etc.

L'activité totale à chaque instant est égale à la somme des activités dues respectivement aux substances A, B, C, etc., donc à une somme d'exponentielles affectées de coefficients dont les valeurs dépendent de l'activité propre de chaque substance.

La loi globale de variation de l'activité peut ainsi être très compliquée. Cependant, on a pu analyser les courbes expérimentales de décroissance et en déduire d'une manière certaine le nombre de substances actives qui dérivent les unes des autres et les constantes des exponentielles qui caractérisent leur destruction. Des simplifications se montrent, en effet, dans ces courbes de décroissance; si, par exemple, la courbe est représentée par une différence de deux exponentielles de la forme $Ke^{-\lambda t} - K'e^{-\lambda' t}$ où le coefficient λ est notablement plus grand que λ', lorsque t augmente, il arrivera un moment où le terme en $e^{-\lambda t}$ deviendra très petit, et la courbe se réduira alors à une exponentielle simple qui caractérisera l'une des substances. En déduisant la courbe expérimentale de cette exponentielle, on peut arriver facilement à déterminer la seconde exponentielle. C'est par ce procédé que Pierre Curie a pu mettre en évidence les différences d'exponentielles dans le cas de l'activité induite du radium et en déduire la loi élémentaire du phénomène. Des indications très précieuses peuvent être également obtenues en faisant varier les conditions initiales.

D'autres propriétés permettent également de distinguer entre elles toutes ces substances à activités temporaires. En premier lieu, la nature du rayonnement : certaines substances émettent seulement des rayons α, d'autres des rayons β, d'autres un mélange de rayons α, β, γ; enfin, certaines substances n'émettent pas de rayons, ou du moins un rayonnement très faible.

Bien plus, il résulte des travaux de Bragg et Kleemann que, lorsqu'une substance émet des rayons α, ces rayons sont d'une seule espèce; ils ont tous le même parcours, ce qui implique la même vitesse initiale de projection. La mesure de ce parcours est relativement simple et permet de caractériser facilement certaines substances actives.

Enfin, de véritables séparations peuvent être

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Relations entre corps radio-actifs.*

SUBSTANCES	PROPRIÉTÉS	θ	T	RAYONNEMENT
Uranium ↓	Poids atomiq. 240. Groupe du fer; sol. carbonate ammoniaque; azotate soluble dans dissolvants organiques.			$\alpha = 3^{cm},3$
Uranium X ↓ ?	Groupe du fer; entraîné par SO^4Ba; azotate peu soluble solvants organiques : acétone, éther, etc.	31,6 jours	22 jours	β
Thorium ↓	Poids atomique 232. Précipité par ammoniaque et acide oxalique, etc.			α?
Mésothorium ↓			5,5 ans?	β
Radiothorium ↓	Groupe du fer.	1060 jours	740 jours	$\alpha = 3^{cm},9$
Thorium X ↓	Ne précipite pas par l'ammoniaque.	5,2 jours	3,6 jours	$\alpha = 5^{cm},7$
Emanation du thorium ↓	Gaz inerte, condensable.	78 sec.	54 sec.	$\alpha = 5^{cm},5$
Thorium A ↓	Dépôt activité induite.	15,8 heures	11 heures	β lents
Thorium B ↓	Dépôt activité induite.	1,44 heure	1 heure	$\alpha = 5,0$
Thorium C ↓ ?	Dépôt activité induite.	»	très court	$\alpha = 8^{cm}.6.$ β, γ
Radium ↓	Poids atomique 226,5. Spectre : groupe des alcalino-terreux. Produit de l'hélium d'une façon continue.			$\alpha = 3^{cm},5$
Emanation du radium ↓	Poids atomique par la diffusion : 100 env.? Spectre? gaz inerte, condensable.	5,8 jours	3,9 jours	$\alpha = 4^{cm},23$
Radium A ↓	Dépôt activité induite.	4',3	3'	$\alpha = 4^{cm},83$
Radium B ↓	Dépôt activité induite.	37',4	26'	rayons β lents
Radium C ↓	Dépôt activité induite, séparation par électrolyse.	27',4	19'	$\alpha = 7^{cm},06.$ β, γ
Radium D ↓	Un des constituants du radio-plomb, propriétés très voisines de celles du plomb.	57,5 ans	40 ans?	pas de rayons
Radium E ↓	Se sépare de D par électrolyse.	8,6 jours	6 jours	β
Radium F ou polonium ↓ ?	Sulfure insoluble acides; précipité avec sels basiques de bismuth; précipité par le chlorure stanneux.	201 jours	140 jours	$\alpha = 3^{cm},86$
Actinium ↓	Groupe des terres rarés? Précipité par acide oxalique et acide fluorhydrique; se place dans le fractionnement des terres cériques à côté du néodyme et du samarium. Produit de l'hélium d'une façon continue.			pas de rayons
Radio-actinium ↓	Se sépare par électrolyse et par fractionnement à l'ammoniaque.	28 jours	19,5 jours	$\alpha = 4^{cm}.8$
Actinium X ↓	Soluble ammoniaque.	14.7	10,2 jours	$\alpha = 6^{cm},55$
Emanation de l'actinium ↓	Gaz inerte, condensable; poids atomique 70?	5",6	3",9	$\alpha = 5^{cm},8$
Actinium A ↓	Dépôt activité induite.	50'	36'	pas de rayons
Actinium B ↓ ?	Dépôt activité induite; séparable par électrolyse.	2',9	2'	$\alpha = 5^{cm},5.$ β, γ

Digitized by Google

effectuées soit par des procédés physiques, soit par des procédés chimiques. Nous avons déjà vu que certaines substances sont gazeuses et que d'autres se déposent sur les corps solides. Les émanations gazeuses peuvent en général se séparer facilement soit des sels solides, soit des dissolutions. On peut même obtenir leur condensation sur les parois solides en abaissant suffisamment la température. M. Rutherford, qui a découvert ce phénomène, a montré que, dans le cas du radium, la condensation a lieu dans un petit intervalle de température; cette condensation peut être obtenue à la température ordinaire sur le charbon de bois.

On peut obtenir également des séparations entre les différents termes de la radio-activité induite par une distillation fractionnée à température élevée; les radiums B et C peuvent ainsi se séparer d'une manière assez complète.

Nous avons vu que des séparations chimiques ont été observées dans le cas du thorium X et de l'actinium X; des séparations ont pu être obtenues également pour les constituants de la radio-activité induite. Ainsi, le dépôt actif du radium peut être dissous dans un acide, puis électrolysé; le radium C peut alors être complètement séparé du radium B.

Les séparations chimiques ainsi effectuées correspondent-elles exactement aux propriétés qu'auraient les substances si elles étaient en quantité pondérable? Il est bien difficile de l'affirmer; mais il faut constater, cependant, que l'existence de ces procédés est tout à fait en faveur de l'hypothèse de MM. Rutherford et Soddy, que les phénomènes d'activité temporaire sont dus à des substances chimiques, d'existence éphémère il est vrai, mais qui, pendant leur vie souvent très courte, paraissent avoir des propriétés physiques et chimiques assez bien caractérisées.

Chaque substance active qui disparaît plus ou moins rapidement peut aussi être caractérisée par différentes propriétés; mais ce qui permet de l'identifier d'une manière certaine, c'est la loi de sa destruction spontanée, qui est elle-même exactement déterminée par l'exposant λ; cet exposant est le coefficient de vitesse de la transformation. Nous savons que, pour les réactions chimiques, ces coefficients de vitesse sont très fortement influencés par les agents extérieurs, température, pression, même par la présence de certains corps étrangers, les catalysateurs. Dans les transformations radio-actives, les coefficients de vitesse paraissent absolument indépendants des conditions extérieures. Par exemple, Pierre Curie a pu montrer que la vitesse de destruction de l'émanation du radium ne subit aucune variation depuis la température de l'air liquide jusqu'aux températures élevées.

Il y a là un caractère tout à fait spécial à ces phénomènes, qui est à rapprocher de la nature atomique de la propriété radio-active. De même que la nature de l'atome et sa masse restent insensibles aux agents dont nous disposons, de même, jusqu'à présent, les propriétés radio-actives ne subissent aucune modification par les actions extérieures.

Au lieu de caractériser la loi de destruction d'une substance active par le coefficient de vitesse, on peut la caractériser par un coefficient ayant une signification théorique assez intéressante. Si nous considérons les différents atomes d'une substance active en voie de destruction, certains atomes vont subir la transformation au bout d'un temps très court; certains autres, au contraire, vont avoir une vie beaucoup plus longue; on peut faire une espèce de moyenne de durée de vie des différents atomes en utilisant la loi de destruction; on trouve pour cette durée de vie moyenne la quantité $\theta = \frac{1}{\lambda}$; la quantité θ est le coefficient qui est généralement utilisé.

On caractérise aussi très souvent la loi de transformation par l'intervalle de temps au bout duquel la moitié de la substance est transformée, c'est-à-dire au bout duquel l'activité due à la substance a diminué de moitié. Ces deux constantes sont reliées par la formule : $T = \theta \operatorname{Log} 2$.

Par exemple, pour l'émanation du radium, $\theta = 136$ heures; $T = 92$ heures.

De nombreuses recherches ont été nécessaires pour arriver à déterminer la succession des différentes substances actives qui dérivent des principales substances connues.

Un des résultats les plus intéressants, qui est dû principalement à Rutherford, a été de montrer que le polonium, dont, nous l'avons déjà vu, l'activité va en diminuant lentement avec le temps, peut être relié à la série du radium, et aussi que le radio-plomb est un mélange dont les différents termes dérivent également du radium.

Je donne (page 699) le tableau des différentes substances actives dont la filiation a pu être démontrée. Ce tableau comprend quatre séries dérivant de l'uranium, du thorium, du radium et de l'actinium. J'ai indiqué, pour chaque substance, l'intervalle de temps correspondant à une destruction de moitié, la durée moyenne de vie, la nature des rayons émis, avec le parcours des rayons lorsqu'il est connu, et enfin quelques indications sur les propriétés physiques et chimiques qui peuvent servir à les séparer.

Dans un deuxième article, je continuerai l'exposé de nos connaissances actuelles sur la radio-activité.

A. Debierne,
Chef des travaux de Physique
à la Faculté des Sciences de Paris.

Digitized by Google

L'ORIGINE DE L'OZONE ET LES CAUSES DE VARIATION DE L'ACIDE CARBONIQUE DANS L'ATMOSPHÈRE

Les travaux concernant la détermination du taux d'acide carbonique et d'ozone dans l'air atmosphérique sont extrêmement nombreux. Dans tous les pays, en effet, des recherches de longue haleine ont été entreprises, afin d'établir si la proportion de ces deux gaz est fixe ou variable et quelles sont les causes de leurs variations.

Ces expériences, qui sont d'une grande importance pour la Physique du Globe, n'ont pas donné jusqu'ici de résultats bien concluants, et nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à chercher à résoudre le problème relatif à l'origine de l'ozone atmosphérique et aux raisons pour lesquelles les proportions de ce gaz et celles de l'acide carbonique se modifient constamment.

Un coup d'œil rétrospectif montrera où se sont arrêtées les investigations sur ce sujet.

En ce qui concerne l'acide carbonique, les premières expériences ont fourni des résultats très élevés et éminemment variables. Ainsi, de Saussure obtint à Chambésy, près de Genève, en 1827, une moyenne de 49 litres par 100 mètres cubes d'air, avec un maximum de 62 litres et un minimum de 37; Lewy, en 1847, trouva sur l'Atlantique des nombres compris entre 58 et 30 litres au sud des tropiques et 33 à mi-distance entre l'Afrique et l'Amérique; de Luna, en 1860, rapporta des environs de Madrid des résultats oscillant entre 20 et 90; les expériences de Pettenkofer à Munich lui ont fourni une moyenne de 50; dans la banlieue de Manchester, Angus Smith donna en 1864 des chiffres variant de 29,1 à 46,7, avec un maximum de 67,9 pendant les brouillards.

Les méthodes employées par ces auteurs sont très diverses et les nombres élevés qu'ils ont obtenus sont considérés aujourd'hui comme inexacts, à cause de l'imperfection probable des modes opératoires suivis. Pourtant, les observateurs qui vinrent ensuite n'admirent pas non plus les grands écarts obtenus avant eux, et de cela il y a lieu d'être surpris, car, s'il est vraisemblable qu'une méthode puisse donner de mauvais résultats en valeur absolue, il est singulier que, dans les mains d'un même expérimentateur, elle soit infidèle au point de rendre impossible la comparaison entre ces mêmes résultats, par suite de différences considérables. Maintenant, il faut dire aussi qu'on n'a peut-être tenu aucun compte des circonstances de temps et de lieu dans lesquelles les expériences ont été faites.

A l'époque du passage de Vénus sur le Soleil, diverses Missions scientifiques exécutèrent des analyses en assez grand nombre en plusieurs points du monde et obtinrent des résultats qu'on peut résumer comme suit :

	LITRES
Floride	29,2
Mexique	27,3
Martinique	28,0
Haïti	27,8
Chili	27,1
Chubut	29,5
Santa-Cruz	26,6

En 1873, sur les bords de la mer Baltique, Schulze déduisit d'une série de déterminations journalières une moyenne générale de 29,2 litres, avec un maximum de 34,4 et un minimum de 22,5.

Plus récemment, divers observateurs ont dosé l'acide carbonique de l'air d'une façon régulière pendant plusieurs années en un même point, et leurs résultats ont conduit à ce qu'on appelle aujourd'hui la grande moyenne. Ainsi, Giorgio Roster, en 1889, publia les résultats qu'il avait obtenus à Florence et qui fournirent une moyenne générale de 31,0 litres par 100 mètres cubes d'air, avec 24,7 comme minimum absolu et 41,9 comme maximum absolu. Risler, à Calèves (Suisse), déduisit d'une année complète de recherches le nombre 30,55. Müntz et Aubin, au Pic du Midi, obtinrent une moyenne de 28,6 litres, et Reiset, dans le département de la Seine-Inférieure, trouva 29,62 litres au milieu des champs et 30,57 litres à Paris. En 1902, A. Krogh rapporta de l'île Disko, à l'Ouest du Groënland, des chiffres compris entre 25 et 70, les plus élevés relatifs aux vents du Nord et de l'Ouest, les plus faibles aux vents du Sud. Enfin, de 1891 à 1907, Albert-Lévy a indiqué une moyenne générale de 31,2 litres dans le parc de Montsouris et de 31,9 litres au centre de Paris.

Ainsi, la grande moyenne oscille autour de 30 litres d'acide carbonique par 100 mètres cubes d'air, mais les variations de ce gaz dans l'atmosphère sont indéniables. On les attribue généralement aujourd'hui à des causes locales, telles que : les combustions des foyers et la respiration dans l'intérieur des villes, ou bien la végétation dans les campagnes, et cela parce que, dans Paris par exemple, l'acide carbonique est maximum en hiver et minimum en été, phénomène identique, d'ailleurs, à celui qui se produit près des espaces cou-

Digitized by Google

verts de végétation. Dans le premier cas, en effet, on pense que les combustions, actives durant l'hiver, augmentent l'acide carbonique de l'air; dans le second, que la végétation de l'été abaisse le taux de ce gaz.

Pourtant, bien des faits ne permettent pas d'accepter sans réserve les idées actuelles sur la cause des variations observées. Par exemple, en dosant l'acide carbonique par passage continu de l'air, durant deux ou trois jours, dans des absorbants appropriés, on constate qu'en temps de brouillard l'acide carbonique atteint jusqu'à 40 litres par 100 mètres cubes d'air et qu'à d'autres moments, dans les mêmes conditions expérimentales, il s'abaisse jusqu'à 28 litres et moins. On observe encore que, si l'on fait usage d'appareils permettant d'effectuer une prise d'air instantanée, en temps de brouillard les résultats atteignent jusqu'à 60 litres et plus de gaz carbonique.

Bien que M. Henriet ait montré[1] que, dans l'intérieur des villes, les nombres élevés sont dus en partie à d'autres acides de l'atmosphère, nous prouverons plus loin que ceux-ci ne sont pas seuls en cause et que l'acide carbonique augmente ou diminue dans certaines circonstances, en proportion considérable, sans que les combustions ou les phénomènes de végétation puissent expliquer ces variations.

Au sujet de l'ozone, tous les observateurs qui se sont occupés de la question ont constaté que la proportion dans l'air en est très variable : que les vents, d'une part, et les saisons, d'autre part, sont les causes principales des modifications qu'il subit.

Ainsi, à Montsouris, où seules ont été en usage constant les méthodes chimiques pondérales de dosage de l'ozone et où ce gaz varie de 0 milligr. 5 à 4 milligrammes par 100 mètres cubes d'air, Albert-Lévy a constaté que, lorsque le vent vient du Nord ou du Nord-Est en traversant tout Paris, il y a beaucoup moins d'ozone que lorsqu'il souffle du Sud ou du Sud-Ouest. Houzeau, à Rouen, dans les parties hautes de la ville, en utilisant uniquement le papier ozonométrique, avait déjà remarqué que les vents ont une influence manifeste sur les variations de l'ozone. De son côté, Poëy, à la Havane, en 1863, avait constaté que les vents de l'Ouest et du Sud-Ouest augmentent beaucoup la proportion de ce gaz oxydant.

D'autre part, Bérigny, à Versailles, à la suite d'une série ininterrompue d'observations, de 1856 à 1865, faites avec le papier Schönbein, avait trouvé que l'ozone présente un maximum absolu en mai et un minimum absolu en novembre. Houzeau, à Rouen, et Böckel, à Strasbourg, sont arrivés aux mêmes conclusions. Albert-Lévy, à Montsouris, après trente années d'analyses (1877-1907), a observé que l'ozone croît régulièrement de janvier à juin, où se produit le maximum, pour décroître ensuite, non moins régulièrement, jusqu'en novembre.

On peut donc dire que la plupart des expérimentateurs ont été conduits à considérer le printemps comme l'époque à laquelle l'air renferme le plus d'ozone. Aussi, se basant sur le fait que toutes les oxydations lentes en produisent un peu, admet-on encore aujourd'hui que sa présence dans l'atmosphère est due à l'activité de la végétation, qui est maxima au printemps.

Cependant, une telle hypothèse sur l'origine de l'ozone n'est pas admissible, car elle ne laisse pas comprendre pourquoi les vents du Sud et du Sud-Ouest sont toujours riches en ozone, ainsi que l'ont montré la plupart des observateurs. De plus, elle est en complet désaccord avec la remarque générale que ce gaz augmente beaucoup avec l'altitude. Enfin, on n'a jamais trouvé d'ozone libre en quantité appréciable dans l'air qui a passé sur des végétaux en plein développement, alors que l'odeur de ce gaz devrait y être extrêmement intense si l'on admettait que les régions couvertes de végétation soient les centres de production de l'ozone de toute l'atmosphère. On voit, au contraire, qu'au voisinage du sol les causes de destruction de cet oxydant sont nombreuses : matières organiques, frottements, poussières, etc.

L'électricité atmosphérique, considérée par certains auteurs, en particulier par Bérigny, comme l'origine essentielle de l'ozone aérien, ne permet pas davantage d'expliquer la plupart des phénomènes observés.

Il résulte de l'ensemble des travaux précités que les causes de production de l'ozone, ainsi que celles qui occasionnent les variations de l'acide carbonique, sont encore inconnues. Aussi avons-nous cherché à résoudre ce problème, en prenant pour point de départ des considérations nouvelles.

I. — Méthodes d'investigations et d'analyses.

L'analyse journalière de l'ozone à Montsouris nous a montré que ce gaz augmente par les vents du Sud et du Sud-Ouest, par les temps de pluie et par les temps calmes ensoleillés; au contraire, les vents du Nord et de l'Est, les brouillards et les brumes ont toujours pour effet d'en diminuer la quantité dans l'air.

Ces faits, dont quelques-uns sont bien connus,

[1] H. Henriet : Thèse, 1906, et *Rev. gén. des Sciences*, 15 mars 1907.

Digitized by Google

comme nous l'avons dit déjà, doivent être pris en sérieuse considération si l'on veut établir l'origine de l'ozone, l'influence saisonnière ayant à nos yeux bien moins d'importance, puisqu'elle ne se fait sentir que sur une moyenne d'observations et ne ressort pas de l'examen des analyses individuelles. C'est pourquoi nous avons cherché à étudier séparément l'influence de chacun des phénomènes météorologiques précités.

L'observation capitale sur laquelle s'appuient nos recherches est la suivante : Quand on compare les résultats que fournissent les analyses quotidiennes de l'ozone et de l'acide carbonique, on remarque généralement que, lorsque l'acide carbonique diminue, l'ozone augmente et *vice versa*.

Les variations quotidiennes de l'ozone étant bien plus accentuées que celles de l'acide carbonique, il était nécessaire, pour être certain de la justesse de l'observation précédente, d'effectuer le dosage de l'acide carbonique non plus sur une période continue de vingt-quatre heures, au cours de laquelle les modifications dues à un phénomène momentané peuvent passer inaperçues, mais en un temps très court. Nous avons donc continué à doser l'ozone durant vingt-quatre heures, de midi à midi, — ce dosage ne pouvant guère s'effectuer plus promptement, — et l'acide carbonique tous les jours à 3 heures de l'après-midi, en prélevant l'air dans un ballon vide, dont le remplissage avait lieu en quelques minutes.

Pour doser l'ozone, nous avons utilisé la méthode imaginée par nous, en collaboration avec Albert-Lévy[1]. Elle consiste à faire une double analyse, dans le but d'éliminer l'erreur provenant des gaz réducteurs que l'air peut contenir. Dans une première série A de barboteurs, renfermant de l'arsénite de potasse et de l'iodure de potassium, l'air aspiré par une trompe agit sur le liquide pour transformer, sous l'influence de l'ozone, une partie de l'arsénite en arséniate; mais, en même temps, les gaz réducteurs qui restent en solution agissent sur l'iode employé ultérieurement au titrage de l'arsénite restant et produisent un effet inverse de celui de l'ozone. Dans une seconde série B de barboteurs, contenant la même solution que ceux de la première série, l'air ne pénètre qu'après s'être débarrassé de tout son ozone par un passage à travers un tube de caoutchouc de 4 mètres de longueur; dans ces conditions, seuls les gaz réducteurs agissent sur le liquide.

Soient alors : n le nombre de centimètres cubes d'iode qu'il faut verser, dans la liqueur servant de repère, pour obtenir la coloration bleue de l'iodure d'amidon; n' la lecture de l'appareil A; n'' celle de l'appareil B, et a la valeur d'un centimètre cube d'iode en ozone. On aura, en supposant les lectures rapportées à 100 mètres cubes d'air et en appelant x la teneur de l'air en ozone :

$$x = a[(n - n') + (n'' - n)].$$

Cette méthode a le grand avantage de donner tout l'ozone existant dans l'air qui pénètre à travers les barboteurs, même s'il est accompagné de gaz réducteurs tels que l'acide sulfureux, etc., et d'exclure tout autre gaz oxydant, car, de tous ceux que peut contenir l'atmosphère, l'ozone est le seul qui soit détruit par le caoutchouc.

Le dosage de l'acide carbonique a été fait par la méthode de M. Henriet[1], méthode qui a été l'objet des plus minutieuses vérifications et qui donne la teneur de l'air en acide carbonique par 100 mètres cubes d'air à 0,5 litre près. A chaque expérience, l'air était prélevé dans un ballon de 5 à 6 litres, préalablement vidé à la trompe plusieurs fois, chaque vidange étant suivie d'un remplissage avec de l'air ayant passé sur une longue colonne de baryte humide. L'analyse du gaz était faite dans le ballon même, au moyen de potasse servant d'absorbant et d'acide acétique pour le titrage, avec la phénolphtaléine comme indicateur.

Nos résultats, consignés dans les tableaux qui suivent, se rapportent à une année d'analyses, de février 1906 à avril 1907, avec interruption pendant les mois d'août et septembre 1906. Les quantités d'acide carbonique et d'ozone obtenues chaque jour sont réparties dans diverses colonnes indiquant la direction du vent dominant correspondant; la colonne d'observations donne les jours de pluie et de soleil, les autres journées étant toujours relatives à un temps couvert.

Nous avons affecté chaque journée d'expérience du facteur qui la caractérise : temps couvert, pluie ou soleil. Nous n'avons fait entrer en ligne de compte que les résultats qu'on pouvait nettement classer sous l'une de ces trois dénominations, les autres ayant été écartés comme ne pouvant apporter qu'une perturbation aux phénomènes que nous voulions étudier.

Pendant les temps couverts, le seul facteur important pour nous était la direction du vent. Aussi, avons-nous cherché à voir si, dans ce cas, pour chaque direction, les variations de l'ozone sont bien inverses de celles de l'acide carbonique.

[1] H. Henriet : Thèse, 1906.

[1] H. Henriet : *Comptes Rendus*, t. CXXIII, p. 125.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Quantités d'acide carbonique et d'ozone suivant les directions du vent, obtenues au Parc Montsouris et rapportées à 100m³ d'air.*

DATES	N		N-E		E		S-E		S		S-W		W		N-W		VENT NUL		OBSERVATIONS
	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	
	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	
1906. Février 5	32,0	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 6	33,9	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,0	1,4	»	»	
— — 8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,0	1,5	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,4	1,8	»	»	»	»	
— — 10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26,4	2,3	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	21,6	1,5	»	»	»	»	»	»	
— — 13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27.5	1,6	»	»	»	»	»	»	
— — 14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	21,6	2,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	27,4	2,2	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,4	2,4	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26,4	2,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,3	2,3	»	»	»	»	
— — 22	»	»	»	»	»	»	31,0	0,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,1	1,0	»	»	Pluie.
— — 24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	2,0	»	»	»	»	Pluie.
— — 26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,3	3,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,6	2,2	»	»	Pluie.
— Mars 1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26,5	2,7	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,0	1,5	»	»	Pluie.
— — 3	»	»	31,5	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 5	»	»	»	»	»	»	»	»	26,1	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 6	»	»	»	»	»	»	»	»	28,7	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 7	»	»	»	»	»	»	»	»	28,6	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,1	2,3	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,8	1,6	»	»	»	»	
— — 10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,6	2,6	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,7	1,7	»	»	Pluie.
— — 13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,4	2,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,9	1,3	»	»	
— — 15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,1	2,2	»	»	»	»	»	»	
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25,9	2,1	»	»	»	»	»	»	
— — 17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,8	1,9	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,7	1,3	»	»	
— — 20	33,8	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 21	»	»	35,4	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 23	33,8	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 24	32,0	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 26	»	»	33,3	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 27	»	»	33,8	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 28	32,3	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 29	33,9	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 30	32,2	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 31	30,8	1,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— Avril 2	»	»	»	»	33,6	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 3	»	»	»	»	33,9	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 4	»	»	»	»	»	»	31,1	1,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 5	»	»	»	»	»	»	»	»	31,4	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 6	»	»	»	»	»	»	30,8	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 7	32,1	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 9	»	»	33,3	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 12	»	»	»	»	»	»	»	»	30,6	2,8	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 13	»	»	»	»	»	»	»	»	30,0	2,1	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 14	30,0	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 17	30,7	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 18	29,6	2,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,9	3,0	»	»	Pluie.
— — 20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,7	2,8	»	»	»	»	
— — 21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,3	2,4	»	»	»	»	
— — 23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,6	2,2	»	»	Pluie.
— — 24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,4	3,0	»	»	»	»	Pluie.
— — 26	31,6	2,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,4	2,8	»	»	»	»	Pluie.
— — 28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,0	2,9	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,3	2,8	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— Mai 1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,1	2,6	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 2	»	»	»	»	»	»	»	»	27,8	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,1	3,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,6	2,5	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,9	2,0	»	»	»	»	Soleil.
— — 7	»	»	33,5	2,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 9	»	»	»	»	«	»	»	»	»	»	27,8	2,8	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 10	30,8	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,8	3,0	Soleil.

Digitized by Google

DATES	N		N-E		E		S-E		S		S-W		W		N-W		VENT NUL		OBSERVATIONS
	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	
	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	
1906. Mai 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,7	3,1	Soleil.
— — 14	33,5	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	1,8	»	»	»	»	Pluie.
— — 18	31,0	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,1	1,5	»	»	
— — 21	31,4	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 22	»	»	»	»	»	»	31,0	2,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 23	»	»	»	»	»	»	»	»	30,5	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,6	3,0	»	»	»	»	»	»	
— — 26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,5	3,4	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,4	2,8	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	2,5	»	»	»	»	
— — 30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,0	2,7	»	»	»	»	
— — 31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,9	3,1	»	»	»	»	Pluie.
— Juin 1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,0	3,2	»	»	»	»	Pluie.
— — 2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,3	2,6	»	»	
— — 5	32,2	2,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 6	»	»	30,7	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 7	»	»	33,7	3,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 8	»	»	32,3	3,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 9	30,8	3,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 11	28,1	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 12	30,8	2,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 13	31,9	2,3	»	»	»	«	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	«	»	
— — 14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,2	2,9	»	»	Pluie.
— — 18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,3	2,7	»	»	
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	«	30,7	3,3	»	»	Soleil.
— — 20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,4	3,5	»	»	Soleil.
— — 21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,6	3,5	»	»	Soleil.
— — 22	30,4	3,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,0	4,6	Soleil.
— — 25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	4,2	»	»	»	»	Soleil.
— — 27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,6	4,1	»	»	»	»	Soleil.
— Juillet 10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	3,2	»	»	»	»	Pluie.
— — 11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,7	4,1	»	»	
— — 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,5	2,7	»	»	Soleil.
— — 13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,2	2,8	»	»	Soleil.
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,9	2,0	»	»	»	»	Soleil.
— — 18	»	»	»	»	»	»	33,7	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,8	2,8	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,4	2,6	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,9	1,6	»	»	»	»	
— — 24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,5	1,8	»	»	
— — 25	»	»	32,4	2,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,3	4,1	Soleil.
— — 27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,2	1,7	»	»	
— Octob. 3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,7	1,7	»	»	»	»	Pluie.
— — 5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,9	1,9	»	»	»	»	»	»	
— — 8	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 9	»	»	»	»	»	»	31,5	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 10	»	»	»	»	»	»	30,5	1,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 11	»	»	»	»	»	»	»	»	31,6	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 12	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,3	2,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 15	30,4	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,3	1,4	»	»	»	»	
— — 17	»	»	»	»	»	»	»	»	30,3	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 18	»	»	»	»	»	»	»	»	31,8	1,8	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 19	»	»	»	»	»	»	»	»	30,4	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,0	2,0	Soleil.
— — 22	»	»	»	»	»	»	30,9	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	1,6	»	»	Pluie.
— — 27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,2	1,7	»	»	Pluie.
— — 29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,3	1,9	»	»	»	»	»	»	
— — 30	»	»	»	»	»	»	»	»	30,9	2,0	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,3	1,3	»	»	
— Nov. 2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,2	2,2	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 3	»	»	»	»	»	»	»	»	29,1	2,3	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 5	»	»	»	»	»	»	31,1	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 6	»	»	»	»	»	»	30,5	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,3	3,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 9	»	»	»	»	»	»	30,6	2,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 10	»	»	31,8	1,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 12	»	»	33,4	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 13	»	»	33,5	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 14	»	»	32,3	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 15	»	»	»	»	»	»	»	»	33,0	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,8	2,2	»	»	»	»	»	»	Pluie.

Digitized by Google

DATES			N		N-E		E		S-E		S		S-W		W		N-W		VENT NUL		OBSERVATIONS
			CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	
			litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	
1906	Novembre	17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,5	2,5	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	2,3	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,7	2,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	21	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	22	»	»	»	»	»	»	»	»	29,6	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	23	»	»	»	»	32,5	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	24	»	»	»	»	32,4	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,5	1,7	»	»	»	»	Pluie.
—	—	28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,5	1,3	»	»	»	»	
—	—	29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,5	2,0	»	»	»	»	»	»	
—	—	30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	2,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	Décembre	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,5	1,6	»	»	
—	—	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,7	1,8	»	»	»	»	Pluie.
—	—	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,9	2,6	»	»	»	»	Pluie.
—	—	6	»	»	31,3	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	7	»	»	30,7	1,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,1	1,4	»	»	
—	—	11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,0	1,5	»	»	»	»	
—	—	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,1	1,7	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,1	1,9	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,4	1,8	»	»	Pluie.
—	—	15	32,2	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	17	»	»	»	»	»	»	31,7	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	18	»	»	»	»	32,7	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	19	»	»	32,0	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	20	»	»	31,2	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	21	»	»	32,9	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	22	»	»	»	»	31,9	1,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
—	—	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,6	2,0	»	»	»	»	Pluie.
—	—	26	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	25,4	1,8	»	»	»	»	»	»	
—	—	27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,2	1,6	»	»	»	»	
—	—	28	»	»	»	»	»	»	31,1	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
1907	Janvier	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26,9	1,6	»	»	»	»	»	»	
—	—	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,4	1,7	»	»	
—	—	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,0	1,9	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	9	32,6	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,3	1,4	»	»	Pluie.
—	—	11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,4	1,9	»	»	Soleil.
—	—	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,2	1,3	»	»	Pluie.
—	—	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,6	1,5	»	»	
—	—	15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,6	1,8	»	»	
—	—	21	32,1	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	22	»	»	31,9	1,0	»	«	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	23	»	»	35,6	0,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	24	»	»	»	»	33,2	1,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	25	»	»	34,5	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	26	35,4	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,8	1,6	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	«	»	31,2	1,9	»	»	»	»	Pluie.
—	—	30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,0	1,3	»	»	
—	—	31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,7	1,2	»	»	
—	Février	1	30,3	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	2	»	»	32,5	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	4	31,8	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	5	»	»	33,1	1,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	9	»	»	»	»	»	»	»	»	32,7	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	11	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,2	2,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,0	1,4	»	»	
—	—	14	30,6	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
—	—	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,0	1,4	»	»	»	»	Pluie.
—	—	18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,0	2,3	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,5	3,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
—	—	20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,4	1,4	»	»	
—	—	21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,7	1,2	»	»	
—	—	22	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,7	1,1	»	»	Soleil.
—	—	23	32,8	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
—	—	25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,7	1,1	»	»	
—	—	26	31,0	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	27	»	»	31,7	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	28	»	»	30,0	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
—	Mars	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,3	1,7	Soleil.
—	—	2	31,4	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	4	»	»	30,9	1,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
—	—	6	32,9	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,5	1,3	»	»	
—	—	11	30,8	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	12	30,4	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
—	—	13	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,7	1,8	»	»	»	»	Pluie.

Digitized by Google

DATES	N		N-E		E		S-E		S		S-W		W		N-W		VENT NUL		OBSERVATIONS
	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	CO^2	O^3	
	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	litres	mmg.	
1907. Mars 14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,2	1,4	»	»	Pluie.
— — 15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,7	1,7	»	»	»	»	Pluie.
— — 16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,9	2,1	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 18	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,8	2,0	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 22	»	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,4	1,7	Soleil.
— — 25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,6	1,8	Soleil.
— — 28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,4	2,6	Soleil.
— — 29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,7	2,3	Soleil.
— — 30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33,4	2,7	Soleil.
— Avril 2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,7	2,0	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,8	1,9	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 4	»	»	30,6	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27,7	2,5	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,7	2,5	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,8	1,8	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31,1	1,5	»	»	Soleil.
— — 12	»	»	»	»	30,9	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 13	»	»	»	»	»	»	30,5	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 15	32,4	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Pluie.
— — 16	32,1	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 17	30,0	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 18	31,4	1,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Soleil.
— — 19	30,3	1,7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
— — 22	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,9	1,8	»	»	
— — 23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	32,4	1,6	»	»	Soleil.
— — 24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	30,5	1,7	»	»	Soleil.
— — 29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	29,5	2,3	»	»	»	»	»	»	Pluie.

II. — Influence de la direction des vents sur l'ozone et l'acide carbonique.

Le tableau résumant l'ensemble de nos recherches nous a fourni, par les temps couverts, un nombre total de cent quatorze journées, qui se répartissent, pour chaque direction de vent, de la façon suivante :

Nord	30	journées.
Nord-Est	18	—
Est	4	—
Sud-Est	8	—
Sud	9	—
Sud-Ouest	9	—
Ouest	13	—
Nord-Ouest	23	—

On voit que certains vents, celui d'Est en particulier, sont représentés par un petit nombre de journées d'analyses. Malgré cela, les résultats individuels sont tellement nets qu'on peut, sans cause d'erreur appréciable, les faire intervenir dans une moyenne. Celle-ci, calculée pour l'ozone et l'acide carbonique, a fourni, pour l'ensemble de tous les essais relatifs aux temps couverts, les nombres suivants :

	Acide carbonique — litres	Ozone — mmg.
Nord	31,8	1,5
Nord-Est	32,7	1,4
Est	32,7	1,3
Sud-Est	31,1	1,4
Sud	29,9	1,6
Sud-Ouest	27,8	2,0
Ouest	29,4	2,0
Nord-Ouest	31,0	1,7

Ces résultats sont très remarquables. Ils montrent que l'ozone est minimum par les vents d'Est, mais croît régulièrement de l'Est au Sud-Ouest et à l'Ouest, où il est maximum, puis décroît peu à peu jusqu'à l'Est. Ils montrent aussi que l'acide carbonique décroît d'une façon régulière du Nord-Est et de l'Est, où il est maximum, jusqu'au Sud-Ouest, où il est minimum, puis augmente ensuite régulièrement jusqu'au Nord-Est.

L'acide carbonique et l'ozone suivent donc, sur la rose des vents, une marche exactement inverse. Il en résulte que, quelle que soit la direction du vent, quand l'acide carbonique diminue, l'ozone augmente, et inversement.

Nos expériences ayant été faites à Montsouris, au sud de Paris, si nos résultats ne se rapportaient qu'aux deux quadrants compris entre l'Ouest et le Nord et le Nord et l'Est, l'explication des phénomènes observés pourrait être la suivante : tous les vents provenant de ces quadrants, ayant traversé Paris suivant une longueur plus ou moins grande, apportent avec eux l'acide carbonique de la ville et son cortège de vapeurs réductrices; par suite, plus il y aura d'acide carbonique, plus il y aura aussi de gaz réducteurs et moins, par conséquent, il y aura d'ozone, celui-ci étant détruit par ceux-là. Donc, quand l'ozone diminuera, l'acide carbonique augmentera, et réciproquement.

Mais une semblable explication est inadmissible, car, pour arriver au Parc de Montsouris, les vents de l'Est, du Sud et de l'Ouest ne traversent pas la

Digitized by Google

ville, et, sur les huit directions de vents que nous avons examinées, il en est cinq pour lesquelles l'air de la cité n'a aucune influence. De plus, si on examine les résultats individuellement, on constate que le minimum absolu d'acide carbonique, obtenu les 12 et 14 février 1906 pendant une tempête très violente et qui est égal à 21,6 litres par 100 mètres cubes d'air, est tellement inférieur à la grande moyenne de 30 litres qu'une semblable variation ne peut être imputable à l'atmosphère de Paris; il en est, d'ailleurs, de même pour beaucoup d'autres résultats très inférieurs à la grande moyenne.

Si donc nous mettons à part l'influence de la ville, le phénomène s'explique aisément de la façon suivante. L'acide carbonique a une origine essentiellement terrestre, puisqu'il est dû aux innombrables combustions et fermentations qui se produisent à la surface et dans les couches superficielles du sol, aux éruptions volcaniques, à la décomposition des roches calcaires, etc. Mais la circulation horizontale des vents empêche l'acide carbonique de s'élever beaucoup dans l'atmosphère, car, d'une part, il est absorbé grâce au phénomène d'assimilation chlorophyllienne et, d'autre part, d'après la théorie de Schlœsing, la mer lui sert de régulateur et dissout ce gaz quand sa tension tend à s'élever dans les couches voisines de la surface des océans. Il en résulte que, dans les régions élevées de l'atmosphère, la proportion d'acide carbonique doit être bien plus faible que dans les couches inférieures. On sait, en effet, que, plus on s'élève, plus la proportion d'acide carbonique s'abaisse.

Donc, tout abaissement du taux normal d'acide carbonique ne peut être dû qu'à un apport de l'air des régions élevées de l'atmosphère. Or, cet abaissement est accompagné d'une augmentation de la proportion d'ozone et, plus la quantité d'acide carbonique est faible, plus grande est celle de l'ozone, mais, dans ce cas, l'air vient de plus haut. Il s'ensuit donc que ce sont les hautes régions de l'atmosphère qui apportent l'ozone sur le sol, et que c'est dans ces régions qu'il prend naissance.

Notre tableau montre que ce sont surtout les vents du Sud-Ouest et de l'Ouest les plus riches en ozone et les plus faibles en acide carbonique. Ces vents soufflent souvent en tempête et bouleversent complètement les couches atmosphériques; il est donc possible qu'ils apportent jusqu'au sol l'air provenant de très grandes altitudes.

Ainsi donc, on peut conclure, des essais que nous avons effectués, que la cause productrice de l'ozone doit être cherchée dans les hautes régions de l'atmosphère et que les variations de l'acide carbonique au-dessous de la grande moyenne sont dues à l'afflux de l'air de ces mêmes régions.

III. — Influence des pluies.

Les jours nettement pluvieux que nous avons observés au cours de notre étude sont au nombre de 91, répartis comme suit, avec les divers vents :

Nord	6	journées.
Nord-Est	0	—
Est	1	—
Sud-Est	3	—
Sud	10	—
Sud-Ouest	42	—
Ouest	16	—
Nord-Ouest	13	—

Ils ont fourni un ensemble de résultats qui, distribués sur la rose des vents, donnent le tableau ci-après :

	ACIDE carbonique	OZONE
	—	—
	litres	mmg.
Nord	31,1	2,3
Nord-Est	»	»
Est	30,9	1,9
Sud-Est	30,7	2,3
Sud	30,0	1,9
Sud-Ouest	28,8	2,4
Ouest	30,0	2,2
Nord-Ouest	29,7	1,8

Ces résultats montrent que, généralement, pour chaque direction de vent, l'acide carbonique observé pendant les temps de pluie a une tendance à être plus faible que celui qu'on obtient par temps couvert; cette tendance se manifeste, d'ailleurs, par une différence très nette quand on envisage la moyenne de tous les résultats obtenus par temps pluvieux, comme nous le montrerons plus loin.

L'ozone, par contre, augmente très notablement par la pluie pour chaque direction de vent, et l'on peut dire que toute précipitation est une cause d'accroissement dans la teneur de l'air en ozone.

Or, la pluie par elle-même est incapable de produire de l'ozone, et nous ne voyons, dans l'état actuel de la science, aucun phénomène accompagnant ce météore qui soit susceptible de donner naissance à un gaz oxydant. Mais, si nous rapprochons nos observations de nos conclusions relatives aux phénomènes qui se produisent par temps couverts, il semble bien que la pluie les confirme pleinement.

En effet, les causes qui produisent la pluie, c'est-à-dire la juxtaposition des petites gouttelettes condensées qui forment les nuages, ne sont pas encore bien connues; mais l'opinion générale des météorologistes est que la pluie se forme presque toujours dans les cirrus et qu'elle est produite par la fusion des petits cristaux de glace qui les constituent. Or, ces cirrus sont le plus souvent situés à des hauteurs variant de 6.000 à 10.000 mètres dans l'atmosphère, et chaque goutte qui s'en échappe s'entoure d'une petite atmosphère qu'elle entraîne

Digitized by Google

avec elle dans sa chute. De plus, la pluie provoque encore un courant d'air descendant, et la pointe, dirigée vers le sol, que présentent en temps de pluie certaines masses nuageuses, est une conséquence de ce mouvement. Il résulte donc de la chute d'une pluie un apport de l'air des régions élevées de l'atmosphère, et l'excès d'ozone qu'on constate alors, ainsi que la diminution d'acide carbonique, sont le résultat de cet apport. Par suite, l'ozone a bien pour origine les hautes régions de l'air.

Mais, si l'on considère cette conclusion comme suffisamment démontrée par les observations relatives aux temps couverts, l'augmentation d'ozone due aux pluies devient alors une confirmation : ou de l'existence des courants descendants pendant toute précipitation, ou de celle des petites atmosphères qui sont liées à chaque goutte.

L'examen du tableau des résultats obtenus par les temps de pluie montre encore que l'action particulière à chaque direction de vent est en partie annihilée et que le phénomène hydrométéorique a une action prépondérante, car on ne retrouve plus ici la régularité de croissance et de décroissance de l'acide carbonique et de l'ozone, si particulièrement remarquable pendant les temps couverts.

IV. — Influence des rayons solaires.

Les observations par temps couverts et par temps de pluie montrent bien dans quelles régions l'ozone prend naissance, mais elles ne fournissent aucune indication sur les causes elles-mêmes de la production de ce gaz. Les résultats obtenus pendant les jours de soleil permettent d'élucider ce dernier point.

Par les temps ensoleillés, nous avons pu réunir 42 journées d'expériences, qui se classent, suivant les vents, de la façon suivante :

Nord	7	journées.
Nord-Est	10	—
Est	3	—
Sud-Est	3	—
Sud	2	—
Sud-Ouest	3	—
Ouest	4	—
Nord-Ouest	10	—

Si nous disposons les résultats obtenus sur la rose des vents, comme nous l'avons fait précédemment, nous obtenons le tableau qui suit :

	ACIDE carbonique — litres	OZONE — mmg.
Nord	31,4	2,0
Nord-Est	32,2	2,1
Est	33,1	1,4
Sud-Est	31,7	1,8
Sud	30,1	1,6
Sud-Ouest	30,8	1,9
Ouest	31,3	3,1
Nord-Ouest	31,0	1,7

L'examen de ce tableau est très intéressant. Si, en effet, on compare les chiffres d'acide carbonique qu'on y trouve à ceux qu'ont donnés les temps de pluie, on voit qu'ils sont tous plus élevés que ceux-ci. Cela tient à ce que, par temps pluvieux, l'air qui arrive des hautes régions diminue le taux d'acide carbonique, tandis que l'action du soleil paraît sans influence à cet égard. On verra, d'ailleurs, que la moyenne générale de l'acide carbonique par temps couvert est sensiblement égale à celle qu'on obtient par temps de soleil.

En ce qui concerne l'ozone, sa proportion dans l'air est supérieure, pour chaque direction de vent, — comme cela a lieu par temps de pluie, — à celle que donnent les temps couverts. De plus, l'action particulière de chaque vent se trouve masquée complètement par la prédominance de l'action solaire.

Au cours de nos recherches, nous avons rencontré onze journées de temps ensoleillé sans vent. Ces onze journées ont donné une moyenne de 32,2 litres d'acide carbonique et de $2^{mgr},7$ d'ozone, par 100 mètres cubes d'air.

Il résulte de tout cela que la lumière solaire paraît avoir une action génératrice de l'ozone. Cependant, avant d'adopter cette importante conclusion, il est nécessaire d'examiner si l'augmentation d'ozone observée par les temps de soleil ne peut pas avoir d'autre cause. Or, on sait que, pendant l'été, l'échauffement du sol produit des courants ascendants et il semble qu'ils doivent avoir pour conséquence de faire affluer vers la terre l'air des régions élevées. Par suite, l'influence de cet échauffement se traduirait par un apport d'air supérieur ayant pour effet d'augmenter l'ozone et de diminuer l'acide carbonique, sans que l'action lumineuse intervienne en rien par elle-même pour produire ce résultat. Mais, au milieu du jour, la dilatation des couches d'air voisines du sol les fait s'élever peu à peu dans l'atmosphère et elles entraînent avec elles, dans ce mouvement, une partie de l'acide carbonique des couches superficielles du sol, acide carbonique que nos dosages instantanés rendent apparent, surtout par les temps calmes, puisqu'il atteint en moyenne 32,2 litres. Ce n'est que peu à peu et vers la fin du jour que les courants descendants se dessinent, quand les vents, même légers, mettent les gaz en mouvement et créent des différences de température dans les masses d'air, suffisantes pour que celui des régions élevées arrive jusqu'au sol. Aussi, la diminution d'acide carbonique qui doit résulter d'un semblable phénomène ne peut-elle être perceptible que sur une période de vingt-quatre heures.

Mais, si l'on considérait que l'augmentation d'ozone observée pendant les temps de soleil, — le dosage embrassant toujours une durée de vingt-

Digitized by Google

quatre heures, — n'est pas due à l'action lumineuse elle-même, mais aux mouvements de l'air, on ne concevrait pas comment la moyenne générale de tous les dosages d'ozone obtenus par temps de soleil, et qui est égale à $2^{mgr},13$, puisse être supérieure à celle que donne l'ensemble des vents d'Ouest et de Sud-Ouest, laquelle ne dépasse pas $2^{mgr},0$, ces vents soufflant parfois avec une grande violence. Il faudrait alors admettre, pour les courants verticaux pendant les journées lumineuses, une vitesse très grande que rien ne fait soupçonner.

D'ailleurs, il serait singulier que, pendant les beaux temps parfaitement calmes, alors qu'aucun mouvement n'est perceptible dans l'atmosphère et que l'action calorifique paraît n'avoir d'autre effet que de gonfler dans la journée les couches d'air voisines du sol pour les laisser s'affaisser la nuit, on puisse observer une augmentation considérable du taux de l'ozone aérien, sans penser à lui attribuer d'autre cause que l'arrivée de l'air supérieur.

Il semble donc naturel, en présence des résultats obtenus, de faire intervenir, dans l'explication des phénomènes, l'action rayonnante du Soleil. Nous savons, en effet, que, si l'ozone se produit aux grandes altitudes, il y prend naissance constamment et qu'il est plus abondant au mois de juin qu'à toute autre époque de l'année; nous savons, d'autre part, que la lumière ultra-violette agit sur l'oxygène et que son énergie transforme une partie de ce gaz en ozone. Dès lors, comment ne pas être frappé de ce fait que, dans les régions supérieures où nul obstacle autre que l'air pur n'absorbe de rayons quels qu'ils soient, le Soleil, par ses radiations ultra-violettes, ne soit pas le véritable générateur de l'ozone, produisant ce gaz en quantité d'autant plus grande qu'il reste lui-même plus longtemps au-dessus de l'horizon?

Cette hypothèse, où nous ont conduits nos recherches et à laquelle nous nous rangeons, explique toutes les particularités de l'ozone atmosphérique : ses variations avec l'altitude, avec les saisons, avec la pluie, les vents, ainsi que sa présence constante dans toute atmosphère normale. Aussi, bien que notre démonstration n'ait pas toute la rigueur désirable, — mais dans des questions de cet ordre peut-il exister des méthodes rigoureuses? — nous considérons le problème comme résolu et nous attribuons l'origine de l'ozone atmosphérique à l'action des rayons ultra-violets du Soleil dans les couches supérieures de l'atmosphère.

La moyenne générale des résultats obtenus par temps couverts a donné 31,01 litres d'acide carbonique et $1^{mgr},01$ d'ozone; celle qui est relative aux temps de pluie a fourni 29,52 litres d'acide carbonique et $2^{mgr},20$ d'ozone. On voit nettement, si l'on compare ces deux séries de moyennes, l'influence des pluies qui augmente la quantité d'ozone dans l'air et diminue le taux d'acide carbonique. Par les temps de soleil, avec vents, la moyenne de tous les résultats a été de 31,65 litres pour le gaz carbonique et de $2^{mgr},13$ pour l'ozone. Comparés à la moyenne des temps couverts, ces chiffres indiquent une faible augmentation d'acide carbonique, due, comme nous l'avons dit, à un léger apport du sol, et une élévation de la quantité d'ozone à peu près égale à celle des temps pluvieux.

D'autre part, si on calcule le poids moyen d'ozone obtenu chaque mois, on retrouve la courbe annuelle qu'a donnée Albert-Lévy et qui présente son maximum en juin. Les résultats de ce calcul sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

		MMG.
1906.	Février	1,8
—	Mars	1,6
—	Avril	2,2
—	Mai	2,5
—	Juin	3,2
—	Juillet	2,6
—	Octobre	1,7
—	Novembre	1,9
—	Décembre	1,7
1907.	Janvier	1,4
—	Février	1,5
—	Mars	1,8
—	Avril	1,8

Ainsi, la courbe annuelle de l'ozone est bien due à la superposition de divers facteurs que nous pensons avoir mis nettement en évidence, à savoir : la direction des vents, dont certains, compris entre l'Ouest et le Sud-Ouest, apportent à Montsouris l'air des régions élevées de l'atmosphère; les pluies et les rayons solaires.

Tout en attribuant aux rayons ultra-violets l'origine de l'ozone atmosphérique, il faut reconnaître que, dans notre pays, le rayonnement direct n'a, durant le cours d'une année, qu'une bien faible importance sur le taux de l'ozone qu'on trouve dans les couches d'air voisines du sol, car la nébulosité, toujours très élevée, est une cause importante d'absorption des rayons utiles. Aussi, la lumière ultra-violette, bien qu'étant la cause initiale, n'intervient-elle directement que d'une manière très accessoire.

L'action des vents et des pluies domine, tout au contraire, et M. Henriet a pu, en ne tenant compte que de ces deux facteurs, établir une formule qui donne la teneur de l'air en ozone, par simple calcul[1].

Soient t, t', t'' les temps en heures, pendant lesquels les vents de diverses directions soufflent et cela pour une période de vingt-quatre heures; c, c', c'' des coefficients correspondant à chacun de ces vents et qui iront en croissant de l'Est au Nord-

[1] H. HENRIET: Thèse, 1906.

Digitized by Google

Ouest en passant par le Sud, pour décroître ensuite de l'Ouest à l'Est en passant par le Nord; τ le temps pendant lequel il pleut pour un intervalle de vingt-quatre heures; A et B deux constantes respectivement égales à 2 et 2,4. On aura, en appelant x le poids d'ozone en milligrammes contenu dans 100 mètres cubes d'air:

$$x = \frac{A(tc + t'c' + t''c'' + \ldots) + B\tau}{24}.$$

Cette formule ne remplace évidemment pas l'analyse chimique, mais elle s'en rapproche beaucoup, en ce sens qu'elle indique très nettement, à Montsouris, le sens des variations quotidiennes de la teneur de l'air en ozone. Il conviendrait certainement de lui adjoindre un terme relatif au rayonnement ultra-violet, mais il faudrait au préalable déterminer chaque jour l'intensité des rayons qui arrivent au sol et suivant quelle loi la proportion d'ozone produite varie avec cette intensité pour les diverses températures.

V. — Causes des variations de l'acide carbonique.

Les dosages d'acide carbonique qui ont été effectués pour chaque direction de vent montrent qu'à Montsouris ce sont les courants soufflant de l'Est et du Nord-Est qui apportent la quantité maxima d'anhydride carbonique. De cette observation, on ne peut rien tirer de général, au moins en ce qui concerne les vents du Nord-Est, car ils ont traversé horizontalement une grande partie de la ville et ont pu se charger de gaz émanant des foyers. Mais, si l'on considère les vents qui viennent du Sud-Ouest, on voit qu'ils sont toujours pauvres en acide carbonique, et cela d'autant plus qu'ils sont plus forts et soufflent depuis plus longtemps. Dans ce cas, l'abaissement des chiffres au-dessous de la moyenne normale est dû à l'apport de l'air des couches élevées de l'atmosphère.

On constate cependant, parfois, des augmentations d'acide carbonique au-dessus de la normale et on les attribue à des causes locales, telles que : combustions dans les foyers, respiration, etc. Il est indiscutable que, dans une grande ville comme Paris, la respiration des hommes et des animaux, aussi bien dans les rues que dans les habitations, est susceptible de produire une augmentation du taux ordinaire de l'acide carbonique; mais les produits de la combustion dans les foyers n'ont aucune influence appréciable sur la variation de ce gaz dans les rues de la ville, et voici pourquoi. L'acide carbonique issu des cheminées est toujours accompagné d'une forte proportion d'oxyde de carbone, et, comme on ne retrouve pas ce dernier gaz dans l'atmosphère des rues de la ville, il faut en conclure qu'il s'est diffusé dans l'air et l'acide carbonique avec lui. Cela n'a d'ailleurs rien de surprenant si l'on songe que les gaz provenant des foyers sont toujours chauds et qu'ils s'élèvent tout d'abord dans l'atmosphère au-dessus des obstacles formés par les édifices; là, ils rencontrent les courants horizontaux dans lesquels ils se diffusent et disparaissent ensuite dans la masse atmosphérique. Il n'en est plus de même dès qu'il s'agit de substances gazeuses solubles, comme l'a montré M. Henriet[1], ces substances se condensant avec la vapeur d'eau et retombant toujours sur le sol.

En effectuant, durant seize années consécutives, (1891-1906) et d'une façon ininterrompue, des analyses d'acide carbonique embrassant chacune une période de quarante-huit heures, Albert-Lévy a montré qu'à Montsouris la moyenne générale était de 31,2 litres par 100 mètres cubes d'air, avec minimum (30,5 litres) en Juillet et maximum (31,9 litres) en Novembre. Dans l'intérieur de Paris, il a obtenu 31,9 litres pour moyenne, avec minimum (30,6 litres) en Juillet et maximum (33,5 litres) en Novembre. Ces résultats prouvent que le maximum de l'intérieur de la ville est notablement supérieur à celui de sa périphérie, ce qui s'explique, d'une part, grâce aux phénomènes respiratoires, et, d'autre part, à cause de la ventilation toujours incomplète des rues de la capitale, comme l'a fait ressortir M. Henriet[2]. Ils montrent encore que, soit à Montsouris, soit au centre de Paris, les minima sont égaux.

Or, pendant la saison chaude, les vents sont généralement peu violents et il semble que, pour cette raison, l'acide carbonique devrait augmenter; de plus, l'échauffement du sol, produisant d'abord une dilatation des couches inférieures, devrait également élever le taux de l'acide carbonique. Mais l'échauffement durant le jour est suivi vers le soir d'un refroidissement qui se poursuit pendant la nuit, et le phénomène se traduit au cours des vingt-quatre heures par une circulation verticale, entraînant l'air des couches inférieures et le remplaçant par celui de régions élevées. Il s'ensuit une véritable ventilation lente des rues de la ville, qui n'a pas lieu aux autres époques de l'année, la composante horizontale des vents n'ayant guère alors d'influence sur la ventilation des voies de communication à l'intérieur de la cité. L'effet de la saison chaude est donc d'amener dans la ville une proportion d'acide carbonique identique à celle qu'on rencontre à la même époque dans l'air du Parc de Montsouris.

Pourtant, M. Henriet[3] a montré que la pollution

[1] H. Henriet: Thèse, 1906, et *Rev. gén. des Sciences*, 15 mars 1907.
[2] H. Henriet : Thèse, 1906.
[3] H. Henriet : *Loc. cit.*

Digitized by Google

de la ville est maxima l'été et minima l'hiver; il y a donc là une véritable contradiction, mais elle n'est qu'apparente. En effet : la pollution de l'air d'une ville est due, non à la plus ou moins grande quantité d'acide carbonique qu'il renferme, mais aux divers gaz ou vapeurs solubles dans l'eau qui s'y trouvent. Ces gaz ou vapeurs, tels que : acide sulfureux, formaldéhyde, acide formique, etc., provenant généralement des foyers, ne s'élèvent pas dans l'atmosphère, car la vapeur d'eau qui se condense continuellement les dissout et les ramène vers le sol sous forme de gouttelettes. Les condensations, très fréquentes en hiver, purifient donc en partie l'atmosphère; mais l'été, les gouttelettes, plus rares, tombent lentement et continuellement sur la ville, lui constituant ainsi une atmosphère très riche en vapeurs étrangères. La lente circulation des gaz de bas en haut, ne s'opposant pas, jusqu'à un certain point, à la chute de ces gouttelettes, permet à l'air des rues de s'appauvrir en acide carbonique, tout en conservant ses produits impurs.

Toutes les causes locales génératrices d'acide carbonique produisent nécessairement des variations dans la proportion de ce gaz dans l'air; mais il en est une qui n'est guère apparente et qui, cependant, donne momentanément naissance à des changements considérables. Par les temps de brouillards, on constate, en effet, une recrudescence très nette de l'acidité de l'air. Elle est due en partie à l'acide sulfureux, au formiate d'ammoniaque, etc.; mais l'augmentation d'acide carbonique qui se produit en même temps est indiscutable.

Voici comment nous avons pu reconnaître et doser séparément ce gaz et les acides qui l'accompagnent :

Si l'on titre avec de l'acide acétique une solution de soude dans laquelle on a fait passer de l'air, la fin du titrage étant indiquée par la phénolphtaléine qui, de rose qu'elle était, devient incolore, on sait que la quantité d'acide versée est toujours inférieure à celle qui sature le même volume de soude servant de repère, et que la différence des volumes d'acide versés correspond à la moitié de l'anhydride carbonique absorbé pendant le passage de l'air. L'acide carbonique étant le seul qui donne à la fois un sel neutre colorant la phénolphtaléine et un sel acide qui la laisse incolore, il s'ensuit que, pour tout autre acide, le volume de solution acétique tenant lieu de lecture dans le titrage correspondra à la totalité de l'acide dosé et non plus à la moitié.

Or, si l'on partage en deux portions le liquide alcalin dans lequel a barboté l'air et si l'on en titre une moitié comme il vient d'être dit, le volume d'acide acétique correspondant à la différence des lectures du repère et de l'essai devra être multiplié par 2 pour représenter le gaz carbonique total. Si, dans l'autre portion du liquide alcalin, on verse du chlorure de baryum, ce dernier transformera le carbonate alcalin produit en carbonate de baryum insoluble, et l'alcali laissé libre et mesuré avec l'acide acétique (en ayant soin de faire un repère dans les mêmes conditions) fournira, sans être multiplié par 2, une lecture qui correspondra à la totalité des acides de l'air, quels qu'ils soient.

De cette double opération, il est facile de déduire le poids d'acide carbonique absorbé par la liqueur alcaline pendant le passage de l'air, ainsi que celui des autres acides.

En effet : exprimons d'abord les quantités qui vont suivre en acide acétique et soient : R l'alcali total qui contient le repère; c la petite portion d'acide carbonique que cet alcali renferme toujours; A les acides de l'air autres que l'acide carbonique; C l'acide carbonique atmosphérique; n la lecture du repère correspondant au premier mode de dosage; n' la lecture de la solution dans laquelle l'air a barboté; p la lecture du repère correspondant au second mode de dosage avec chlorure de baryum; p' la lecture de la solution carbonatée, traitée de la même façon.

On a évidemment : dans le premier cas :

$$R + \frac{c}{2} = n;$$

$$R + \frac{c}{2} - A - \frac{C}{2} = n';$$

et dans le second cas :

$$R = p;$$
$$R - A - C = p'.$$

De ces équations, on tire aisément les valeurs de A et de C, qui sont respectivement :

$$A = 2(n - n') - (p - p')$$

et :

$$C = 2[(p - p') - (n - n')].$$

On voit de suite que, pour que A soit nul, il faut que :

$$2(n - n') = p - p',$$

c'est-à-dire que la différence des lectures, dans le premier cas, doit être exactement le double de celle qu'on obtient dans le second cas. Quand il en est ainsi, la valeur de C devient :

$$C = 2(n - n') \quad \text{ou} \quad C = p - p',$$

suivant qu'on emploie l'un ou l'autre mode de dosage.

On convertit ultérieurement les lectures en acide carbonique quand elles sont relatives à ce gaz et on exprime les autres acides à volonté[1].

La méthode que nous venons d'indiquer est très sensible et nous a permis de voir qu'en temps

[1] Dans le procédé direct de dosage, sans chlorure de baryum, il est indispensable, pour obtenir des résultats rigoureusement exacts, que le rapport de l'alcali carbonaté à l'alcali total ne dépasse pas 2/5.

Digitized by Google

normal A est nul, c'est-à-dire que la proportion des acides de l'air autres que l'acide carbonique est inappréciable; mais, par les temps de brouillards, elle met en évidence une petite quantité de ces acides, ainsi qu'une augmentation très sensible de l'anhydride carbonique. On voit, en effet, au cours d'une période de vingt-quatre heures durant laquelle s'est produit un brouillard, le taux de l'acide carbonique monter à 34, 35, 36 litres et plus, par 100 mètres cubes d'air. Et, si on effectue un prélèvement instantané dans le brouillard même, au moment où il est le plus intense, on peut trouver jusqu'à 100 litres d'acide carbonique.

En continuant les prélèvements au fur et à mesure que le brouillard se dissipe, la teneur de l'air en acide carbonique s'abaisse progressivement jusqu'à la normale. Le phénomène inverse se produit si l'on fait les prélèvements dès le début du brouillard; on constate alors un accroissement d'anhydride carbonique jusqu'à l'opacité maxima.

Cette augmentation est due à ce fait que, pendant la durée du météore, les gaz qui se dégagent du sol ne se diffusent pas, car, la température de l'air dans lequel se forme le brouillard étant toujours inférieure à celle des couches gazeuses situées au-dessus, il ne s'établit aucun courant ascendant. Comme les gaz qui se dégagent du sol sont très riches en acide carbonique, ils provoquent momentanément l'élévation du taux de celui-ci dans l'atmosphère où règne la brume. Au fur et à mesure que le brouillard se dissipe, la ventilation s'établit et le phénomène cesse.

L'eau provenant des brouillards contient une grande quantité de produits réducteurs, et, quand le dosage de l'ozone est effectué uniquement en faisant passer l'air dans de l'arsénite de potasse, l'influence de ces produits est telle que le poids d'ozone trouvé est négatif, ce qui est absurde. La correction apportée par nous à cette méthode permet, comme nous l'avons dit, de déterminer, malgré les gaz réducteurs, le taux d'ozone existant dans l'air. Or, pendant les brouillards les plus intenses, l'ozone n'est jamais nul à Montsouris, et cela a lieu de surprendre, puisque l'air se trouve contenir un nombre extrêmement élevé de gouttelettes, tenant chacune en dissolution des corps éminemment propres à la destruction de l'ozone.

Mais les plus forts brouillards ne donnent guère plus de 4 grammes d'eau par mètre cube d'air; le volume des gouttelettes, si nombreuses qu'elles soient, est donc bien faible par rapport à celui de l'air dans lequel elles plongent. De plus, les gaz solubles contenus primitivement dans l'atmosphère, étant emprisonnés par les gouttelettes, laissent l'air environnant très pur. Il s'ensuit que l'ozone, fort peu soluble dans l'eau, surtout avec la tension extrêmement faible qu'il a dans la masse gazeuse qui nous environne, circule avec les gouttelettes sans se détruire complètement, et le brouillard n'a d'autre effet sur lui que d'abaisser sa proportion. D'ailleurs, l'air humide contenant des vapeurs réductrices a bien plus d'influence sur ce gaz oxydant que lorsque les vapeurs sont dissoutes dans des gouttelettes, et c'est pourquoi l'atmosphère de Paris, dans laquelle se déversent constamment de semblables substances, ne renferme de l'ozone que d'une façon accidentelle.

VI. — Conclusions.

Les conclusions que nous avons formulées au cours de cette étude peuvent se résumer ainsi :

1° L'ozone de l'air prend naissance aux dépens de l'oxygène des hautes régions de l'atmosphère, sous l'influence des radiations ultra-violettes qui émanent du Soleil;

2° L'ozone est amené dans les couches d'air voisines du sol : d'une part, grâce aux vents, et en quantité d'autant plus grande que ces vents viennent de plus haut; d'autre part, par les pluies qui entraînent avec elles l'air des grandes altitudes. Ces deux facteurs sont la cause principale des variations de l'ozone dans les basses régions de l'air;

3° Par les temps calmes et quand l'atmosphère est d'une transparence parfaite, les radiations solaires agissent sur les couches d'air inférieures pour augmenter leur proportion d'ozone;

4° Toutes les variations de l'acide carbonique au-dessous de la normale sont dues à l'air des hautes régions. La quantité d'acide carbonique varie donc en raison inverse de celle de l'ozone;

5° Les variations d'acide carbonique au-dessus de la normale ont toujours pour origine des phénomènes locaux, tels que : respiration des hommes et des animaux dans les rues des grandes villes; combustions au voisinage immédiat du lieu où s'effectue l'analyse de l'air; apports du sol sous l'influence d'un échauffement momentané ou défaut de ventilation locale pendant les brouillards.

L'influence d'un certain nombre de phénomènes : vents, pluies, brouillards, etc., sur la variation des gaz de l'atmosphère, montre quels services on pourrait attendre de la Chimie dans les travaux relatifs à la circulation des vents et, en général, de quelle importance pourrait être l'introduction de cette science dans les études météorologiques. A notre connaissance, aucune tentative de ce genre n'a été faite. Nous serions heureux si nos résultats pouvaient ouvrir une voie nouvelle aux recherches concernant la Physique du Globe.

H. Henriet,
Docteur ès sciences.

M. Bouyssy,
Licencié ès sciences.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Rouse Ball (W.-W.), *Professeur College à Trinity College à Cambridge (Angleterre).* — **Histoire des Mathématiques.** *Tome II*: **Les Mathématiques modernes depuis Newton jusqu'à nos jours.** *Traduit sur la troisième édition anglaise par* M. L. Freund, *lieutenant de vaisseau. Avec des additions de* M. R. de Montessus, *Docteur ès sciences mathématiques, lauréat de l'Institut de France.* — 1 *vol. in-8°, de* 271 *pages.* (*Prix : 8 fr.*). *A. Hermann, éditeur. Paris*, 1908.

En analysant le premier volume de cette *Histoire des Mathématiques*, nous en avons caractérisé l'esprit; nous n'y reviendrons pas[1]. Constatons que les suggestives additions de M. de Montessus accroissent beaucoup l'intérêt de ce tome II. Elles dénotent souvent un sens critique avisé et des connaissances précises autant que variées. Ainsi, à propos de la vie et des travaux de Newton, le sagace commentateur fait d'intéressants rapprochements avec la période contemporaine. Il montre que la science, tout comme l'histoire, « est un perpétuel recommencement », puisque la théorie de l'émission tend à renaître depuis quelques années. Ne semble-t-il pas avéré aujourd'hui que tout corps est formé d'atomes, chargés d'électricité positive, et de corpuscules, chargés d'électricité négative, circulant autour des atomes. Les atomes ainsi définis ont été appelés *ions* et les corpuscules *électrons*. Rowland a montré, d'autre part, que, conformément à une idée émise par M. Lorentz, les mouvements des ions peuvent être regardés comme la cause des phénomènes électriques.

« Voilà donc, ajoute M. de Montessus, que l'incessant bombardement d'ions qui aurait lieu dans tout l'Univers ressuscite la théorie de l'émission! Sous une forme nouvelle et différente, il est vrai, et avec l'obligation de concilier cette notion avec celle de l'oscillation périodique, qui avait échappé à Newton et dont la réalité est incontestable. Comment se fera cette conciliation? C'est le secret de l'avenir. »

De Newton, M. Ball passe à Leibnitz, aux Bernouilli et aux mathématiciens du xviiie siècle qui établirent les bases de l'Analyse moderne : Taylor, de Moivre, Simpson, Maclaurin, pour ne citer que les principaux représentants de cette période, où les savants anglais se distinguèrent particulièrement. Peu après, l'illustre Euler étendit et compléta l'œuvre de ses prédécesseurs.

Ensuite Lagrange, « avec un talent presque sans égal », développa le Calcul infinitésimal et la Mécanique théorique en leur donnant la forme sous laquelle nous les connaissons aujourd'hui; son contemporain Laplace appliqua l'Analyse infinitésimale à la théorie de la gravitation universelle et créa, pour ainsi dire de toutes pièces, le Calcul des probabilités. Presque en même temps, Legendre imagina les intégrales elliptiques et édifia la Théorie des nombres.

Dans la première moitié du xixe siècle, tandis que Poisson, Fourier et leurs disciples commençaient l'application de l'Analyse mathématique à la Physique, Monge, Carnot, Poncelet et leurs successeurs renouvelaient la Géométrie, grâce à l'invention de méthodes aussi générales que fécondes. Puis M. Rouse Ball étudie l'œuvre de Gauss, qui mérita « d'être regardé aussi bien comme le premier des astronomes théoriciens que comme le plus grand des *arithméticiens* », et il consacre les pages suivantes à Riemann, qui fut de même un profond penseur et parvint à définir d'une manière générale les intégrales ou les différentielles algébriques propres à remplacer dans les équations d'inversion les différentielles elliptiques ou hyperelliptiques envisagées déjà par le norvégien Abel.

Le nom de Carl Weierstrass (1815-1897) est également lié aux fonctions elliptiques et abéliennes; mais la découverte des *facteurs primaires* constitue son principal titre de gloire. On sait que les transcendantes les plus simples sont les fonctions entières qui n'ont de point singulier qu'à l'infini. Or, Weierstrass montra que ces transcendantes sont toujours des produits de facteurs primaires, composés chacun du produit d'un polynôme du premier degré par une exponentielle dont l'exposant est un polynôme de degré q. On appelle q le genre du facteur primaire.

Quant à Cauchy, tous les domaines de la Mathématique lui doivent d'utiles contributions : l'Arithmétique comme la Géométrie, l'Analyse aussi bien que l'Algèbre, l'Optique comme la Mécanique céleste. En particulier, il a fondé sa théorie des résidus et a pu entreprendre, grâce à elle, l'explication des périodes des intégrales; il a porté ses efforts sur la série de Taylor, dont il a tenté de déterminer les conditions de convergence. Il a trouvé, le premier, un procédé général pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une seule inconnue.

Mais nous ne saurions nous appesantir sur les travaux des nombreux savants que vit éclore la fin du xixe siècle et nous renvoyons au livre de M. Rouse Ball pour cette période touffue, bien qu'il ait seulement effleuré cette époque, qu'illustrèrent, entre autres, le génial algébriste Sophus Lie (1842-1899), Halphen, Jacob Steiner, « le plus grand géomètre depuis Apollonius », et Charles Hermite (1822-1901), qui, plus que personne, « sut exciter l'admiration pour les choses simples et belles ».

Notons enfin que l'éditeur a eu l'heureuse idée de reproduire à la fin de l'ouvrage (p. 233-61) l'excellente *Etude sur le développement des méthodes géométriques* due à la plume savante de M. Gaston Darboux.

Jacques Boyer.

Maupeou d'Ableiges (Comte de), *Directeur du Génie maritime.* — **Eléments de la Mécanique du Choc.** — 1 *brochure gr. in-8°, de* 73 *pages. Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1908.

M. de Maupeou s'est proposé d'étudier le choc longitudinal de deux barres cylindriques de même axe et de bases sensiblement égales. Ce cas particulier a été examiné il y a une quarantaine d'années par Barré de Saint-Venant, avec la préoccupation de mettre en compte la manière dont les effets du choc se transmettent au sein de la matière; puis, en 1882, par M. Voigt, qui a soumis ses propres vues au contrôle d'une expérimentation soignée; enfin, en 1883, par MM. Boussinesq et Flamant, qui ont apporté à la théorie de B. de Saint-Venant des éclaircissements, des précisions et des compléments.

M. de Maupeou a été amené à s'occuper du même sujet, — sans avoir connaissance des travaux précédents, — par les essais au canon des blindages de la marine. Ses recherches sont indépendantes des résultats de la « Mécanique moléculaire » : elles n'invoquent que de gros postulats d'origine inductive, analogues à ceux de la Résistance des matériaux. Aussi les calculs développés ont-ils un caractère de grande simplicité. D'ailleurs, dans une longue introduction, l'auteur passe soigneusement en revue les propriétés de la matière déformable ainsi que les modes d'action sta-

[1] *Revue générale des Sciences*, t. XVII (1906), p. 338.

Digitized by Google

tique et dynamique des forces sur la matière, ce qui lui donne l'occasion de préciser ses hypothèses.

La théorie du choc, telle que le conçoit M. de Maupeou, doit permettre de déterminer : d'abord ce qui se passe au contact de deux corps, la grandeur des forces de réaction et la vitesse commune des parties voisines; puis la manière dont ces forces influencent toute la masse des corps, et l'état de chacun d'eux après le choc.

Ces déterminations ont des caractères très différents selon qu'il s'agit de la phase élastique durant laquelle les déformations très petites sont réversibles (seul cas envisagé dans les recherches antérieures), — ou de la phase déformante où les déformations sont partiellement permanentes et sont accompagnées d'un dégagement de chaleur : les deux cas donnent lieu à des analyses très délicates et très pénétrantes du phénomène physique.

Les résultats des observations de M. Voigt, relatives seulement à de faibles vitesses au choc, se trouvent intercalés entre ceux de la théorie classique et ceux de la théorie proposée par M. de Maupeou. De nouvelles expériences de contrôle ont été instituées par l'auteur. Le dispositif expérimental proposé est très ingénieux et pourra être utilisé pour de nouvelles recherches où l'on userait de toutes les ressources de laboratoire qui ont fait défaut à M. de Maupeou. La brochure se termine par une application à la théorie du martelage.

Si les idées de M. de Maupeou n'ont pas encore reçu une forme didactique, beaucoup d'entre elles sont intéressantes et seront utilisées. A. BOULANGER,

Professeur-adjoint de Mécanique à la Faculté des Sciences de Lille.

2° Sciences physiques

Kayser (H.), *Professeur de Physique à l'Université de Bonn.* — **Handbuch der Spectroscopie.** *T. IV.* — *1 vol. gr. in-8° de* 1.248 *pages, avec* 1 *planche et* 137 *figures.* (*Prix* : 90 *fr.*) *S. Hirzel, éditeur, Leipzig,* 1908.

Ce quatrième volume du grand ouvrage où M. le Professeur Kayser donne au monde savant un exposé systématique de la science spectroscopique est d'une composition plus hétérogène que les précédents ; il est consacré à l'absorption par les produits biologiques, à la dispersion, à la phosphorescence et à la fluorescence. Continuant l'étude de l'absorption traitée dans le troisième volume, celui-ci débute par les spectres d'absorption des matières colorantes végétales et animales, et renferme des documents précieux pour le physiologiste, le botaniste et le praticien ; leur réunion a exigé de M. Kayser un grand labeur de recherches parmi les périodiques relatifs aux sciences biologiques, avant d'arriver à constituer la bibliographie complète de ces questions, qui, traitées d'abord dans leur ensemble, sont suivies, à la fin de chaque chapitre, d'un répertoire alphabétique de tous les spectres de ces substances et des recherches dont ils ont été l'objet. L'auteur commence par l'historique et l'étude de la chlorophylle, des matières colorantes extraites des feuilles et des fleurs, des cryptogames, et finalement des bacilles. Il passe ensuite à l'absorption due aux produits physiologiques : sang, urine, bile, aux dérivés de ceux-ci, et à leurs altérations pathologiques, encore mal connues et peu étudiées. La seconde partie du volume, relative à la dispersion, a été confiée à M. A. Pflüger, bien connu par ses recherches sur la dispersion anomale, et qui expose là, avec une incontestable compétence, un chapitre de l'Optique, en grande partie théorique et d'une grande importance, donné pour la première fois dans son ensemble avec une bibliographie complète et critique des travaux si nombreux sur les relations entre l'absorption et la dispersion. Signalons spécialement un bon exposé de l'interprétation analytique de ces relations, en introduisant la notion récente des électrons, suivant les théories de Lorentz et de Planck. De nombreuses tables numériques et des courbes, relatives à la dispersion dans toute l'étendue du spectre, sont données pour la plupart des substances qui ont fait l'objet de ce genre de recherches. Ces documents, comme d'ailleurs ceux de tout l'ouvrage, acquièrent une très grande valeur par les comparaisons faciles que permet leur réunion. La dispersion des métaux et les délicates questions relatives à la réflexion métallique sont ensuite traitées, et M. Pflüger termine cette difficile partie de la Physique par un exposé de la dispersion et de l'absorption considérées comme phénomènes de résonance électro-magnétique. Trois pages à peine résument, clairement il est vrai, les originales hypothèses par lesquelles Julius explique les phénomènes d'Optique solaire en y introduisant la considération de la dispersion anomale. Ce paragraphe n'eût point perdu, nous semble-t-il, à être plus amplement traité.

La seconde moitié du volume traite de la phosphorescence et de la fluorescence. Ces deux parties, de plus de 250 pages chacune, offrent un exposé, entièrement nouveau, de questions d'une grande importance et tout à l'ordre du jour, qui, pour la première fois, sont présentées et dans leur ensemble et en détail, tandis qu'elles étaient absolument sacrifiées jusqu'ici dans les ouvrages de Physique ou d'Optique. Comme pour les questions précédentes, un historique fort complet précède l'exposé de chacune de ces deux branches de la science, où l'action de la nature et de la variation de la lumière excitatrice est spécialement étudiée. Parmi les principaux chapitres de la phosphorescence, nous citerons les chapitres consacrés aux différents procédés d'excitation de celle-ci autres que la lumière, c'est-à-dire la chaleur, les actions mécaniques, les étincelles, les rayons cathodiques, Röntgen, canaux, et la radioactivité, puis l'influence de la température et de la coloration. Mais le sujet des spectres de phosphorescence a été développé comme il convenait, et l'on trouvera de nombreux tableaux de longueurs d'ondes des bandes lumineuses, et des courbes d'intensités des spectres de phosphorescence des composés connus jusqu'à ce jour, spécialement ceux de phosphorescence cathodique.

Viennent ensuite un résumé des diverses tentatives d'explication de ces phénomènes, et enfin un ample répertoire alphabétique détaillé, avec bibliographie, des différentes substances phosphorescentes et des procédés de préparation de celles-ci.

La partie consacrée à la fluorescence est due au Professeur H. Konen, de Münster, déjà collaborateur des tomes précédents. Pour montrer le soin avec lequel est traitée, par exemple, la question des raies de fluorescence et de leur répartition dans le spectre, nous dirons que les intéressantes recherches de Wood sur la fluorescence de la vapeur de sodium y sont exposées avec beaucoup plus d'étendue et avec plus de figures que dans la « Physical Optics »[1] de M. Wood lui-même. Nous avons été à même de constater ainsi, à plusieurs reprises, que les Mémoires originaux eux-mêmes ont toujours été directement consultés pour la rédaction de l'ouvrage tout entier. Celui-ci est mieux qu'une encyclopédie : c'est bien un résumé systématique de tous les Mémoires ou travaux divers touchant à la Spectroscopie. Parmi les chapitres les plus intéressants ou les plus neufs sur la fluorescence, nous indiquerons ceux qui traitent des rapports entre la fluorescence et l'absorption, la conductibilité électrique, l'ionisation, la variation de longueur d'onde de la lumière excitatrice, sa polarisation, la constitution chimique et la structure anisotrope de la substance fluorescente, si elle est cristallisée. Enfin, vient un exposé des différentes théories de la fluorescence; l'auteur conclut en regrettant que la plupart d'entre elles, comme d'ailleurs celles de la phosphorescence, ne soient pas directement vérifiables à l'expérience, surtout par des mesures quantitatives, et au moyen d'un matériel d'observation

[1] London et New-York, 1905.

Digitized by Google

actuellement encore bien insuffisant. Le volume se termine par un répertoire alphabétique, de plus de 100 pages, des substances fluorescentes avec leurs dissolvants, et avec renvoi bibliographique aux Mémoires originaux.

Remercions, une fois de plus, le Professeur H. Kayser, de nous donner ainsi, aux dépens de ses belles recherches interrompues et au prix d'un dur labeur, une aussi monumentale synthèse de la Spectroscopie.

A. DE GRAMONT,
Docteur ès sciences.

Tassart (L.-C.), *Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Répétiteur à l'Ecole Centrale.* — **Exploitation du Pétrole.** — 1 *vol. in-8° de* 726 *pages, avec* 303 *fig. et* 15 *planches.* (*Prix* : 35 *francs.*) *H. Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Le volume qui vient de paraître constitue la première partie d'une importante monographie consacrée par M. Tassart au pétrole. L'auteur était particulièrement indiqué pour doter la littérature française d'un ouvrage qui lui faisait défaut, car l'excellent petit livre de Riche et Halphen ne saurait lui être comparé, les auteurs ayant dû traiter le sujet dans un cadre beaucoup plus restreint, et la « Technologie du pétrole » de Neuburger et Noalhat, qui devait comporter deux volumes, en est restée au premier. Il convient donc de féliciter M. Tassart d'avoir entrepris cette publication, surtout au moment où, en langue allemande, paraît le traité de Engler et Hoefer.

Le chapitre I de cet ouvrage est presque entièrement consacré à l'extraction du pétrole. On y trouvera exposés, avec beaucoup de clarté, de méthode et de précision, tous les procédés d'extraction, à commencer par les puits creusés à la main, pour finir par les méthodes de sondage les plus perfectionnées : sondages hydrauliques et sondages au diamant. Bien entendu, le procédé américain, le système canadien et le sondage à tige rigide en fer tiennent, dans l'ouvrage de M. Tassart, la place qui leur est due.

Ce chapitre comprend encore la description des procédés de tubage et le prix de revient des sondages.

Ces données, réunies à celles des chapitres IV et V : recherche des gîtes pétrolifères et exploitation des gisements, constituent au point de vue technique un bel ensemble de toutes les connaissances actuelles relatives au pétrole brut.

M. Tassart a encore complété d'une manière très heureuse son ouvrage, en traitant, dans le chapitre III, de la distribution géographique et géologique du pétrole. Le lecteur pourra ainsi se rendre compte aisément de la valeur de chaque région pétrolifère, des méthodes de travail employées et des conditions économiques propres à chaque pays producteur.

Les moyens de transport seront décrits avec les procédés de raffinage dans le tome II, dont nous souhaitons la publication prochaine.

L'auteur a réuni dans le chapitre VI toutes les données scientifiques concernant les produits définis extraits des pétroles bruts et les propriétés physiques et chimiques de ces pétroles bruts. Cette étude, très consciencieuse, est du plus haut intérêt. Un ouvrage complet sur le pétrole devait comprendre nécessairement un chapitre relatif à l'origine du pétrole. M. Tassart a traité en détail cette question, objet de tant de discussions et de controverses, en exposant les théories des partisans de la formation organique du pétrole et celles des partisans de la formation inorganique.

Le lecteur pourra peut-être s'étonner de l'absence de conclusion, mais il est assez difficile d'avoir une opinion indiscutable sur ce sujet. Cependant, à l'heure actuelle, la théorie d'Engler semble être en faveur.

L'exploitation du pétrole, éditée avec le plus grand soin par la maison Dunod et Pinat, contient un très grand nombre de figures, des schémas, des reproductions photographiques des diverses régions pétrolifères, des cartes et des plans qui complètent très utilement le texte et en rendent la lecture plus attrayante.

En résumé, l'ouvrage de M. Tassart constitue le document le plus important, publié en langue française, sur le pétrole, et l'on ne saurait trop en recommander la lecture à tous ceux que la question intéresse.

E. TASSILLY,
Professeur agrégé
à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.

3° Sciences naturelles

Walle (Paul). — **Le Pérou économique.** Préface de M. PAUL LABBÉ, *Secrétaire général de la Société de Géographie commerciale de Paris.* — 1 *vol. in-8° de* 388 *pages* (*avec gravures*). (*Prix* : 9 *francs.*) *E. Guilmoto, éditeur. Paris.*

Le volume de M. Walle répond bien à son titre. Ce n'est pas une description de touriste qu'il donne du Pérou, mais une étude contenant tout ce que peut avoir intérêt à savoir quelqu'un désireux de s'établir dans ce pays. Il le connaît à fond, comme d'ailleurs les autres parties de l'Amérique du Sud, pour s'y être occupé d'affaires pendant plusieurs années et, en homme pratique, il ne pouvait écrire, comme le fait fort bien remarquer M. Paul Labbé dans son excellente préface, qu'un livre pratique.

L'ouvrage nous instruit de tout ce qui se rapporte à la vie économique du Pérou, et nous y voyons que, si le développement en a été retardé par des crises politiques et sociales fréquentes, le pays est entré dans une période de réelle activité gouvernementale et intellectuelle; mais beaucoup de régions ne sont encore qu'imparfaitement connues et exploitées, faute de moyens suffisants de communication. Il faut des bras et des capitaux pour donner une plus grande valeur aux richesses minières et pastorales, et, à la veille du percement de l'isthme de Panama, le moment nous est propice pour prendre position dans ce pays où s'est maintenue l'influence française et où les Allemands ne se sont pas substitués à nous comme au Chili.

On suivra avec intérêt M. Paul Walle dans les chapitres où il décrit les populations, les villes, les routes et les voies ferrées, les cultures, les productions végétales de la Sierra et de la Montaña, les mines.

L'argent et le cuivre sont les métaux les plus répandus au Pérou. La production moyenne, en métal argent, s'est élevée en 1904, 1905 et 1906 à environ 160.000 kilogs par an. La région aurifère embrasse 61.000 kilomètres carrés. Le Pérou possède aussi des mines de mercure, du charbon, des dépôts de sel, du pétrole.

De même qu'il nous renseigne sur les mines, M. Walle nous montre les ressources variées du pays au point de vue de l'agriculture, et il donne de précieuses indications sur les conditions du commerce et de l'industrie au Pérou.

G. REGELSPERGER.

Boschetti (Federico), *Professeur à l'Université de Parme.* — **Sinergie-simpatic organiche. Autosinopsi iconografica sintetico-analitica comparata.** — Préface de M. ACHILLE DE GIOVANNI. — 1 *vol. in-4° de* 52 *pages, avec* 2 *planches en couleurs. Unione tipografico-editrice torinese*, 1908.

Le titre est bien ronflant, et la devise : « Indocti discant, ament meminisse periti », bien prétentieuse, pour un très médiocre résumé anatomique et physiopathologique, agrémenté, il est vrai, d'un article où sont vantés les bienfaits de l' « aglioterapia » et de la « tremoloterapia ». Le titre de l'ouvrage réapparaît dans le dernier chapitre, comme le titre d'une comédie revient à la fin de la pièce : « Tout l'organisme vivant n'est que synergie et sympathie organique ». Et l'ouvrage est fini. Il vaut mieux ne pas insister.

A. PRENANT,
Professeur à la Faculté de Médecine
de l'Université de Paris.

Digitized by Google

4° Sciences médicales

Debove, *Doyen honoraire de la Faculté de Médecine, Professeur de Clinique, Membre de l'Académie de Médecine*; **Pouchet**, *Professeur de Pharmacologie et Matière médicale à la Faculté de Médecine, Membre de l'Académie de Médecine*; **Sallard** (A.), *Ancien Interne des Hôpitaux de Paris.* — **Aide-mémoire de Thérapeutique.** — 1 *vol. in-8° de* VIII-790 *pages, imprimé sur deux colonnes.* (*Prix* : 16 *fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

On trouvera dans ce volume, classés par ordre alphabétique :

1° L'exposé du traitement de toutes les affections médicales et des grands syndromes morbides;

2° L'étude résumée des agents thérapeutiques principaux, médicaments et agents physiques;

3° La mention des principales stations hydrominérales (situation, composition, indications) et climatériques ;

4° L'exposé des connaissances essentielles en hygiène et en bromatologie.

C'est donc à proprement parler un dictionnaire pratique de thérapeutique clinique.

Chaque article, qu'il s'agisse d'un agent médicamenteux, d'une méthode physiothérapique, d'une indication climatérique ou diététique, est clair, précis, substantiel, à égale distance de la sécheresse dogmatique et dangereuse du formulaire et de l'amplification fastidieuse et souvent incohérente du traité.

L'étude de chaque médicament comprend l'exposé de ses caractères physiques et chimiques, de ses effets physiologiques, de ses indications thérapeutiques, de sa posologie, de ses actions nuisibles et toxiques, avec des formules-types applicables à la pratique courante.

L'étude thérapeutique des maladies et des syndromes suppose résolu le problème du diagnostic, mais rappelle et groupe méthodiquement les notions étiologiques et pathogéniques indispensables à l'institution d'une thérapeutique rationnelle.

Ce bel ouvrage, rigoureusement pratique, est impeccablement édité. Dr Alfred Martinet.

5° Sciences diverses

Le Dantec (Félix), *Chargé de Cours à la Sorbonne.* — **De l'Homme à la Science. Philosophie du XXe siècle** (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*). — 1 *vol. in-16 de* VIII-302 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Flammarion, éditeur, Paris*, 1908.

« La science, créée par l'homme, peut-elle étudier l'homme? » A l'examen de cette question, qu'il énonce en tête du présent ouvrage, M. Le Dantec consacrera deux volumes. Parvenue à son plus haut degré d'objectivité, la science, affranchie du langage et des préjugés humains, pourra étudier l'homme et lui révéler sa nature. Ces révélations, M. Le Dantec nous fait prévoir, dès aujourd'hui, qu'elles n'auront rien d'enchanteur, mais il en réserve le détail pour son prochain livre. Il se borne, pour l'instant, à nous montrer comment l'homme donne à la science un langage de moins en moins « humain », de plus en plus objectif, et comment ce langage tend à traduire toutes les réalités, même celles qui, en apparence, s'y prêtent le moins.

Ce langage, c'est celui de la Mécanique. Il est d'invention humaine, mais il pourrait être parlé et compris par d'autres êtres que les hommes. Bien que les yeux des Insectes ne ressemblent pas aux nôtres, nous pourrions, sans doute, nous entendre avec les Insectes sur les propriétés de l'espace visuel. « Le langage mathématique est accessible vraisemblablement à tout individu, de quelque espèce qu'il soit, doué de tact et de vision », à « tout mécanisme conscient capable d'effectuer des mesures ». Valable pour toute intelligence, ce langage est applicable à tout objet. Si diverses que soient en apparence les qualités des corps, elles sont toutes mesurables; bien plus, elles ont une commune mesure. Les « principes d'équivalence » (parfois désignés sous le nom de loi de la conservation de l'énergie), bien qu'ils n'aient d'abord été que des conventions humaines, — origine qui leur conserve une certaine relativité, — établissent entre les divers groupes de phénomènes des liaisons quantitatives dont la réalité objective est indéniable. De même, le principe de Carnot énonce, sur le sens des phénomènes naturels, une loi inéluctable : « Tout phénomène dans lequel se produit un travail commence par une dépense d'énergie. Il faut payer d'avance. La Nature ne fait pas crédit ». Une Mécanique universelle écrite en langue universelle, telle serait la science idéale.

Nous sommes assez rapprochés de cet idéal pour traduire en cette langue les phénomènes biologiques. On s'y refusera si l'on croit au libre arbitre ou si l'on croit au hasard. Mais ces deux notions sont illusoires. Croire au libre arbitre, c'est s'imaginer qu'un être peut jouir d'une autonomie absolue, constituer une « individualité », c'est-à-dire une entité indépendante de son milieu : illusion que détruit l'étude des lois de l'équilibre. Quant à la croyance au hasard, elle naît de notre ignorance des lois naturelles : les phénomènes qui, à une certaine échelle, paraissent fortuits, révèlent leur régularité quand on les observe à une autre échelle; la « loi des grands nombres » prouve qu'il y a de l'ordre dans les événements attribués au hasard; c'est donc qu'il n'y a pas de hasard, car du désordre pur aucun ordre ne pourrait surgir. Dès lors, le hasard ne trouble pas plus que le libre arbitre le cours régulier des phénomènes biologiques; rien ne s'oppose à la constitution d'une « biologie objective », c'est-à-dire mécaniste. Le principe de Carnot explique la vieillesse, qui n'est que « la détente progressive de l'énergie vitale ». Les lois de l'équilibre expliquent la dépendance du vivant par rapport à son milieu. Les lois mécaniques de la résonance expliquent l'assimilation, c'est-à-dire le phénomène caractéristique de la vie.

Nous serions heureux d'avoir fidèlement résumé les thèmes essentiels du nouveau livre de M. Le Dantec, ceux qui justifient son titre, montrant comment l'homme crée la science et, la « déshumanisant », l'universalise. Nous avons dû omettre mainte idée ingénieuse, mainte théorie importante, pour insister sur ce leitmotiv. Mais nous laisserons au lecteur le soin de l'apprécier, et nous ne ferons porter nos observations que sur des détails. M. Le Dantec prononce contre le mot « individu » un arrêt de proscription qui nous paraît trop sévère. Ne peut-on pas conserver ce terme dans une doctrine qui proclamerait, comme celle de M. Le Dantec, la dépendance réciproque des êtres naturels? Qui dit « individu » ne dit pas nécessairement entité absolument autonome. Il suffit qu'une grande ressemblance relie l'un à l'autre les états successifs A_1, A_2, A_3, pour que ces états soient considérés comme appartenant à l'individu A, bien que le passage de l'un à l'autre ne puisse s'expliquer que par l'intervention de causes extérieures à cet individu. Autant la différence de ces états prouve la dépendance de l'être par rapport au milieu, autant leur ressemblance fonde son individualité relative. La Mécanique a-t-elle le droit d'« ignorer » les individus ainsi définis? Condamnant l'individu, M. Le Dantec condamne la Sociologie, qui « ne connaît que des individus ». Mais, si l'on admet la définition que nous venons de proposer, le sociologue pourrait « s'intéresser au sort des individus » sans manquer à son devoir de savant. Et, d'autre part, maint sociologue refuserait d'accorder que sa science « ne connaît que des individus » : M. Le Dantec ne saurait ignorer quels efforts sont faits de divers côtés pour constituer une Sociologie tout aussi « objective » que sa propre Biologie.

Paul Lapie,
Professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubufe (Guillaume). — **La Valeur de l'Art.** — 1 *vol. in-18 jésus de* 372 *pages. Bibliothèque de Philosophie scientifique* (*Prix* : 3 *fr.* 50). *Ernest Flammarion, éditeur, Paris*, 1908.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Juillet 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. Tzitzeica** montre qu'une surface réglée dont le cône directeur est de révolution est un hélicoïde réglé ordinaire, engendré par une droite soumise à un mouvement hélicoïdal autour d'un axe et non perpendiculaire à cet axe. — **M. H. W. E. Jung** présente ses recherches sur les fonctions algébriques de deux variables. — **M. Popovici** étudie les conditions initiales qui donnent aux coefficients différentiels la forme 0/0, en regardant les équations différentielles comme définissant les mouvements permanents d'un fluide autour d'une position d'équilibre. — **M. E. Esclangon** communique ses recherches sur les solutions périodiques d'une équation fonctionnelle linéaire. — **M. B. Mayor** décrit une nouvelle méthode, plus générale que celle de Culmann, pour le calcul des tensions dans les systèmes articulés à trois dimensions. — **M. G. A. Tikhoff** réfute les objections présentées par M. Lebedew à l'existence de la dispersion de la lumière dans les espaces interstellaires.

2° Sciences physiques. — **M. Ed. Branly** décrit un nouvel appareil à solénoïdes de sécurité contre des étincelles perturbatrices ininterrompues en télémécanique sans fil. — **MM. G.-A. Hemsalech** et **C. de Watteville** ont mesuré les raies du spectre de flamme du calcium, obtenu à l'aide d'une étincelle de capacité, placée sur le parcours d'un des gaz combustibles, et qui éclatait entre des électrodes de Ca métallique. — **M. E. Rothé** démontre que les franges des photochromies du spectre doivent être attribuées aux ondes stationnaires; on peut les faire disparaître en coulant sur les plaques une couche de gélatine suffisamment épaisse. — **MM. A. Cotton** et **H. Mouton** ont constaté que la dispersion de la biréfringence électrique de la nitrobenzine est la même que la dispersion de la biréfringence magnétique; le phénomène de Kerr s'explique donc, au moins en grande partie, par une orientation dans les liquides. — **M. L. Teissereno de Bort** a recherché la présence des gaz rares dans l'air recueilli à diverses altitudes. L'argon et le néon se trouvent à toutes les hauteurs; l'hélium n'a pu être décelé au-dessus de 10 kilomètres de hauteur. — **M. de Forcrand** a étudié la déshydratation des hydrates de strontiane et de baryte; elle a lieu avec condensation, de sorte que la strontiane et la baryte anhydres sont $(SrO)^x$ et $(BaO)^{x'}$. — **MM. E. E. Blaise** et **H. Gault**, en saponifiant l'éther oxalsuccinique par HCl à froid, puis portant à l'ébullition, ont obtenu l'acide α-cétoglutarique $CO^2H.CO.CH^2.CH^2.CO^2H$, F. 112°-113°. — **M. G. Bertrand**, en oxydant la perséite à l'aide de la bactérie du sorbose, a obtenu un nouveau sucre $C^7H^{14}O^7$, qu'il nomme *perséulose*; il cristallise, est fortement lévogyre et présente la multirotation; il est réducteur et donne une osazone, F.223°. — **M. P. Quinet** déduit, de l'étude des courbes des rotations, des résistances électriques et des abaissements des points de congélation des solutions d'acide tartrique et de molybdate de sodium, l'existence d'un composé défini contenant une molécule du premier corps pour deux du second. — **M. E. Darmois** a observé que certains mélanges d'essences de térébenthine droite et gauche présentent une dispersion rotatoire anormale; il en déduit que l'essence droite contient deux constituants actifs de signe contraire, le constituant droit ayant une dispersion plus forte. — **MM. L. Hugounenq** et **A. Morel** ont constaté que la pepsine extractive contient, à l'état libre, quelques acides monoamidés, formés par autodigestion probablement, une pseudo-histidine, un dipeptide, de la glucosamine; la pepsine, en se dédoublant, fournit des bases puriques. — **M. Ch. Porcher** a recherché l'indol dans le pus; on ne l'y trouve que lorsque le pus est dû à un germe capable de donner de l'indol dans les cultures *in vitro*.

3° Sciences naturelles. — **M. L. Lapicque** a reconnu que, chez les Mammifères, le coefficient céphalique varie à peu près comme les dimensions relatives de l'œil (par rapport au poids du corps). — **MM. J. E. Abelous** et **E. Bardier** ont observé que l'action vasoconstrictive de l'uro-hypertensine (provenant de l'extrait éthéré de l'urine humaine normale) est principalement d'origine périphérique. — **MM. A. Brissemoret** et **J. Chevalier** ont constaté que le cyclohexane excite fortement les appareils nerveux intra-cardiaques et contracture le myocarde; le cyclohexanol agit plus fortement encore; au contraire, la quercite et l'*i*-inosite ont une action nerveuse moindre et une action musculaire plus apparente. — **M. A. Lacroix** a déterminé les minéraux des fumerolles de la récente éruption de l'Etna : chlorures alcalins, chlorure double de fer ammoniacal ou krémersite; le chlorure d'ammonium contient souvent du fluor. Au Vésuve, l'auteur a trouvé un minéral contenant de l'acide borique, la sassolite. — **MM. P. Termier** et **J. Deprat** ont étudié le granite des nappes de la Corse orientale; c'est un granite alcalin, fort semblable au granite du Pelvoux.

Séance du 27 Juillet 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. Boussinesq** présente quelques considérations sur la nécessité de faire intervenir les trois dimensions de l'espace pour que les directions successives des deux droites mobiles joignant le Soleil et une planète à la Terre déterminent, d'une manière simple, les variations de grandeur relative de ces droites. — **M. Stuyvaert** communique des recherches sur une sextique gauche circulaire, qui est le lieu des points dont les puissances par rapport à deux groupes de trois sphères sont, à des facteurs constants près, proportionnelles entre elles. — **M. J. Baillaud** a découvert à l'Observatoire de Paris une nouvelle étoile variable à très courte période du type de δ Céphée, dont la période d'éclat croissant, d'une durée de une heure quarante et une minutes, est beaucoup plus courte que celle d'éclat décroissant, qui serait de six heures treize minutes ou dix heures dix minutes. — **M. J. Stein** réfute l'explication, donnée par M. Lebedew, des phénomènes découverts par MM. Nordmann et Tikhoff.

2° Sciences physiques. — **M. C. Tissot** montre que les détecteurs d'oscillations électriques que l'on peut réaliser par le contact de corps de pouvoirs thermoélectriques différents diffèrent par toutes leurs propriétés des détecteurs basés sur les contacts imparfaits à variation de résistance. — **MM. A. de Gramont** et **C. de Watteville** donnent les longueurs d'onde des raies du spectre ultra-violet du silicium observées dans l'étincelle oscillante et dans la flamme de ce métalloïde. — **M. P. Pascal** a reconnu que, toutes les fois que, dans une dissolution aqueuse, l'ion-métal d'un sel passe avec sa valence dans un ion complexe ou dans un composé colloïdal, on constate une diminution des propriétés magnétiques ou diamagnétiques surajoutées au diamagnétisme de l'eau par l'ion-métal simple. — **M. G. Belloc** a extrait les gaz occlus dans un acier au nickel réversible ; il en a trouvé trois fois

Digitized by Google

plus dans l'alliage en fil que dans l'alliage en copeaux. L'extraction maximum des gaz se fait pendant que le fer est à l'état γ et le nickel à l'état β. — **M. E. Pozzi-Escot** propose une nouvelle méthode de dosage des acides fixes et des acides volatils dans les vins ; elle est basée sur la transformation des sels barytiques des acides fixes en carbonates par l'action convenable de la chaleur et sur le titrage des carbonates ainsi produits. — **MM. H. Cousin** et **H. Hérissey**, par oxydation de l'iso-eugénol avec $FeCl^3$, ont obtenu le déhydrodiisoeugénol, F. 133°; ce corps se forme également sous l'influence du ferment oxydant des champignons. — **M. J. Bougault** décrit un nouveau procédé d'obtention des anhydrides mixtes d'acides organiques. A une solution aqueuse du sel de Na d'un des acides et CO^3Na^2 en excès, on ajoute l'autre acide, puis I peu à peu, et il se précipite l'anhydride mixte. — **MM. G. Bertrand** et **G. Weisweiller** montrent que la vicianine est, comme l'amygdaline, un dérivé du nitrile phénylglycolique gauche. — **MM. R. Lépine** et **Boulud** sont parvenus à extraire tout le sucre virtuel du sang par chauffage avec HF. — **MM. H. Bierry** et **G. Giaja** ont constaté que les lactones des acides lactobionique et maltobionique sont hydrolysées très faiblement par la macération d'intestin grêle de chien et fortement par le suc digestif de l'escargot. — **M. J. Larguier des Bancels** a reconnu que l'addition au sang, ou plus généralement à une liqueur fibrinogénée, d'une petite quantité d'un électrolyte comportant un ion négatif plurivalent fait obstacle à la coagulation spontanée ou provoquée de cette liqueur.

3° Sciences naturelles. — **MM. G. Variot** et **P. Lassablière** ont observé, sur 550 nourrices, 419 fois une différence de volume des deux seins. Cette asymétrie coïncide avec une différence dans la quantité et la composition du lait sécrété. — **M. G. Kuss** a reconnu qu'il est extrêmement facile de tuberculiser les animaux par voie d'inhalation avec des crachats desséchés, artificiellement pulvérisés. — **M. L. Launoy** a observé que, chez les chiens normaux, on peut injecter d'emblée de grandes quantités de sérum de chien éthyroïdé sans provoquer d'accidents aigus ou tardifs ; chez les chiens éthyroïdés, cette injection ne provoque pas d'attaques convulsives. — **MM. L. Roule** et **I. Audigé** déduisent, de l'étude du rein chez les Téléostéens, qu'il n'est chez les Vertébrés qu'un seul rein, un *mononéphros* étendu dans le tronc, servant à l'épuration, et remaniant ses diverses régions suivant les exigences de l'irrigation sanguine à trois niveaux successifs. — **M. R. Robinson** montre que les corps adipeux et les épiploons, dont l'analogie a été établie par Malpighi et Cuvier, jouent un rôle de premier ordre dans l'organisme par leur tissu graisseux et par leurs vaisseaux abondants. — **M. H. Piéron** a observé que la région antérieure du pied de la Limnée possède un pouvoir de discrimination gustative. — **MM. Costantin** et **Bois** ont étudié deux Asclépiadées de Madagascar désignées sous les noms de *Folotsy* et *Voharanga* ; ils en font deux espèces et genres nouveaux : *Folotsia sarcostemmoides* et *Voharanga Madagascariensis*. — **M. L. Mangin** distingue, chez les Aspergillacées, une formation normale des conidies, qui a lieu à l'optimum de température et dans le milieu le plus favorable, et une formation désordonnée, presque toujours compliquée d'une modification de forme, en deçà ou au delà de l'optimum. — **M. C. A. Ktenas** a constaté que la présence de la jadéite est en relation avec l'existence de provinces minéralogiques sodiques dans les schistes cristallins. — **M. J. Dareste de la Chavanne** décrit la suite des terrains tertiaires de la région de Guelma (Algérie). — **M. G. Mercalli** a étudié le tremblement de terre de la Calabre du 23 octobre 1907. La secousse principale de 9 h. 32 du soir a été précédée de 5 secousses préliminaires, dont une très forte à 9 h. 29. Le centre sismique se trouve sur l'épicentre de l'Aspromonte. — **M. de Fleurieu** réclame la réintégration sur les cartes du nom de Fleurieu, donné primitivement à certains points de l'Australie et de l'Amérique, et remplacé depuis par d'autres.

Séance du 3 Août 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Darboux** présente quelques considérations sur un problème relatif à la théorie des systèmes orthogonaux et à la méthode du trièdre mobile. — **M. J. Haag** communique ses recherches sur les familles de Lamé composées de surfaces égales. — **M. G. Rémoundos** présente quelques résultats nouveaux sur la tendance des systèmes matériels à échapper au frottement. — **M. A. Witz** propose une nouvelle méthode pour la détermination du rendement organique des machines, qui repose sur l'observation des variations de vitesse angulaire du volant après suppression instantanée de la puissance motrice de la machine tournant à sa vitesse de régime.

2° Sciences physiques. — **M. Ed. Branly** signale que ses détecteurs à pointe de tellure ou de tellurures fonctionnent par variation de résistance et non par production de forces électro-motrices. — **M. R. Swyngedauw** donne une nouvelle théorie de l'auto-excitation des dynamos, basée sur le théorème d'Hopkinson généralisé au cas de l'aimantation rémanente. La durée de l'auto-excitation qu'on en déduit concorde avec les données de l'expérience à 1/10 près. — **M. G. Athanasiadis** a constaté que l'expérience de Duddell peut réussir même quand l'arc se produit entre une anode liquide et une cathode solide; l'arc formé entre un électrolyte et une cathode solide peut être produit même sous une immersion de 7 centimètres avec une différence de potentiel de 220 volts. — **M. A. de Gramont** a reconnu que, dans les spectres de dissociation des minéraux argentifères, la persistance ou la disparition des raies de l'argent est constante pour une même teneur en argent. Au moyen des tableaux qu'il a dressés, on peut déterminer directement, par l'analyse spectrale, le rendement industriel d'une galène. — **M. E. Durand-Gréville** explique le phénomène du premier crépuscule du matin et du second crépuscule du soir par l'existence permanente d'un conoïde lumineux dont les génératrices pénètrent tout autour du globe dans le cône d'ombre terrestre. — **M. Maurichéau-Beaupré** décrit un nouveau procédé de préparation de l'hydrogène pur, par l'action sur l'eau de limaille d'aluminium additionnée d'un peu de $HgCl^2$ et KCAz pulvérisés.

3° Sciences naturelles. — **MM. A. Mayer** et **G. Schaeffer** ont obtenu une précipitine spécifique pour l'ovalbumine en injectant au lapin certains acides gras, leurs savons ou leurs éthers; on obtient le même résultat en ajoutant directement ces corps au sérum du lapin *in vitro*. — **M. P. Hallez** décrit les phénomènes de maturation de l'œuf et de cytodiérèse des blastomères chez le *Paravortex candii*. — **M. P. Négris** a étudié la composition de la nappe charriée du Péloponèse au mont Ithome; elle comprend : une masse de grès puissante, une formation de calcaires en plaquettes et jaspes, puis le calcaire lithographique des sommets.

Séance du 10 Août 1908.

M. le Président annonce à l'Académie la mort de **M. A. Giard**, membre de la Section d'Anatomie et Zoologie

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Darboux** poursuit ses recherches relatives à la théorie des systèmes orthogonaux et à la méthode du trièdre mobile. — **M. A. Pellet** présente quelques résultats sur les équations ayant toutes leurs racines réelles. — **M. Haag** étudie le mouvement d'une figure F tel que les vitesses des différents points de cette figure aient une direction fixe par rapport à F. — **M. J. Boussinesq** communique quelques considérations sur la manière dont les changements de grandeur des deux droites joignant le Soleil et une planète à la Terre sont liés à leur changement de direction, quand la planète se meut dans le plan de l'écliptique. — **MM. H. Deslandres** et **L. d'Azam-**

Digitized by Google

buja sont parvenus à enregistrer, au moyen d'un grand spectro-héliographe, la couche supérieure du calcium dans l'atmosphère solaire. Elle est caractérisée par la présence de filaments noirs, siège de mouvements radiaux notables, et d'anneaux faculaires. — M. **A. Perot** a entrepris de nouvelles recherches sur la rotation du Soleil par la méthode spectroscopique. L'accélération équatoriale est très peu marquée pour les deux raies du calcium étudiées et se présente normale pour une raie du fer.

2° Sciences physiques. — M. **E. Mercadier** est arrivé à superposer dans le même circuit, dans les deux sens et simultanément, les signaux provenant de douze électrodiapasons et reçus par douze monotéléphones, et cela sur des lignes de 5 à 700 kilomètres de longueur. — MM. **H. Bordier** et **T. Nogier** ont reconnu que l'odeur prise par l'air soumis aux radiations ultra-violettes émises par la lampe à vapeur de mercure n'est pas due à l'ozone, mais à l'excitation des terminaisons olfactives par les charges électriques transportées par les ions. — Mme **S. Curie** et Mlle **Gleditsch** ont repris les expériences de Ramsay sur la production de lithium par le cuivre sous l'influence du radium. En opérant dans des vases de platine et sur des produits soigneusement débarrassés de lithium, elles n'ont pas réussi à confirmer les résultats de Ramsay. — MM. **P. Dutoit** et **M. Duboux** montrent que la méthode des conductivités électriques, appliquée à l'analyse des produits de distillation du vin, conduit à des résultats plus complets que l'acidimétrie.

3° Sciences naturelles. — M. **Ch. Mantoux** a constaté que l'intradermo-réaction à la tuberculine (injection dans l'épaisseur du derme) présente sur la cutiréaction, à simplicité d'exécution et à innocuité égales, l'avantage d'une netteté et d'une sensibilité plus grandes. — M. **E. Marchoux** est parvenu à cultiver *in vitro*, dans du sang de poule défibriné, le virus de la peste aviaire. — M. **S. Meunier**, par l'étude des éboulis paléozoïques, montre qu'aux époques sédimentaires les plus anciennes, les continents, pourvus d'un modelé très accentué, subissaient de la part de l'atmosphère des phénomènes d'érosion. — M. **F. Romanet du Caillaud** a trouvé, sur la côte du lac Nepigon (Canada), un dépôt étendu de roche argilo-calcaire, ayant la composition du kaolin avec des quantités variables de calcaire.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 Juillet 1908.

MM. **L. Landouzy** et **L. Laederich** signalent l'existence d'un nouveau type de tuberculose, qu'ils ont observé chez un enfant de seize ans : c'est une forme de septicémie subaiguë avec déterminations pulmonaires et pleurales, cutanées (érythème polymorphe noueux), périostées (nodosités sur le crâne et les coudes), articulaires et péri-articulaires, endo- et péricardiques. — MM. **Kelsch**, **Camus** et **Tanon** communiquent une série de recherches sur la vaccination qui les amènent aux conclusions suivantes : 1° C'est aux environs du sixième jour qui suit la première inoculation du vaccin aux génisses que l'immunité est acquise; 2° les injections intra-veineuses de vaccin, appliquées aux lapins, les ont rendus tous réfractaires aux vaccinations ultérieures; elles n'ont pas eu un résultat aussi constamment positif chez les génisses. Les injections sous-cutanées donnent des résultats encore plus variables; 3° les revaccinations répétées créent dans l'organisme un état d'hypersensibilité à l'égard du virus vaccinal (anaphylaxie). En effet, à la suite de la primo-vaccination, la pustule ne se produit que le 8e ou le 9e jour, tandis qu'à la suite d'une seconde vaccination, l'involution de la papule commence déjà au 2e jour. — MM. **Lemoine**, **E. Gérard** et **A. Leulier** présentent un travail sur les substances lipoïdes de l'organisme, leur teneur en composés cholestériques et leur rôle en pathologie générale.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 25 Juillet 1908.

M. **W. Sanadzé** a observé que les sérums seuls, en l'absence des microbes ou d'antigène, empêchent d'ordinaire l'hémolyse dans la réaction de fixation de Bordet-Gengou; les substances antihémolytiques des sérums sont des anti-alexines. — M. **C. Fleig** décrit une série de réactions colorées très sensibles du tryptophane, de l'indol, du pyrrol, du thiophène et du carbazol avec les aldéhydes aromatiques; elles permettent d'attribuer au noyau pyrrolique de la molécule albuminoïde la fonction chromogène principale dans les aldéhyréactions des protéiques. — MM. **L. Ribadeau-Dumas** et **R. Debré** ont constaté que les injections d'argent colloïdal et de sels d'argent produisent d'abord une polynucléose du sang, suivie d'une mononucléose. — MM. **H. Claude** et **A. Schmiergeld** ont étudié les modifications de l'hypophyse, des surrénales et des ovaires dans l'épilepsie. — MM. **Alilaire** et **L. Panisset** ont reconnu que les hématies de porc et de lapin, traitées par la méthode de Vaughan, fournissent une fraction soluble dans l'alcool absolu, très toxique, et une fraction insoluble, trois fois moins active. — MM. **A. Gilbert** et **M. Villaret** démontrent l'existence de véritables connexions porto-pulmonaires, devenant très apparentes dans certains cas de syndrome d'hypertension portale. — MM. **P. Bouin** et **P. Ancel** ont reconnu que des membranes propres, possédant tous les caractères du tissu conjonctif, peuvent se différencier aux dépens de cellules épithéliales, en particulier dans le corps jaune de la chienne. — MM. **H. Roger** et **M. Garnier** ont constaté que, sous l'influence de la putréfaction, la toxicité du contenu intestinal augmente dans la plupart des cas, mais diminue quelquefois. — MM. **O. Crouzon** et **J. Soubies** ont constaté, dans une ascension en ballon, que le mélange d'Agazzotti s'est trouvé insuffisant pour faire disparaître les symptômes du mal de ballon; il a fallu recourir à l'inhalation d'oxygène pur. — M. **Cl. Regaud** montre que les cellules ciliées du tube urinaire des Vertébrés à sang froid contiennent des formations mitochondriales très fines et beaucoup moins abondantes que les cellules du reste du tube. — MM. **H. Dominici** et **L. Ribadeau-Dumas** établissent que les tumeurs du lymphosarcome ont une structure composite résultant de la combinaison d'un processus inflammatoire et d'un processus néoplasique rappelant celui du sarcome à cellules atypiques. — MM. **A. Mayer**, **F. Rathery** et **G. Schaeffer** ont constaté que l'intoxication par les injections répétées d'acides gras provoque des lésions du foie et du rein caractérisées par une cytolyse rénale plus ou moins marquée et une altération des cellules hépatiques. — M. **L. Lapicque** présente des électrodes Ag — AgCl — solution physiologique, où AgCl est produit par électrolyse. — MM. **Ch. Dopter** et **R. Koch** ont reconnu que le sérum antiméningococcique renferme des agglutinines spécifiques pour le méningocoque et non spécifiques pour le gonocoque. L'inverse est vrai pour le sérum antigonococcique. — Mlle **J. Bourguignon** et M. **H. Isoovesco** ont observé que les lipoïdes des organes solubles dans l'éther et insolubles dans l'acétone n'ont pas de pouvoir hémolytique. — M. **H. Isoovesco** a constaté que le lipoïde thyroïdien EIA, dépourvu de pouvoir hémolytique, est très toxique; les autres lipoïdes thyroïdiens ne sont pas toxiques. — Mlle **J. Bourguignon** et M. **G. Stodel** montrent que les divergences apparentes entre leurs résultats et ceux d'Ascoli et Novello relativement au pouvoir hémolytique de Hg colloïdal tiennent à la différence des globules employés : chien (insensibles) et bœuf (très sensibles). — M. **Doyen** déduit de ses recherches que le parasite du cancer est un parasite intracellulaire et surtout intranucléaire; le cancer serait une maladie parasitaire du noyau des cellules normales. — M. **G. Leven** a observé, chez certains dyspeptiques non

Digitized by Google

obèses, une forte diminution de poids à la suite de la guérison, qu'il attribue à une déshydratation. — M. L. **Preti** montre que l'autolyse hépatique est favorisée par de petites quantités d'acétate ou de nitrate de plomb et empêchée par de plus grandes. — M. Ch.-A. **François-Franck** donne la description d'un sphygmo-palpeur artériel et veineux et son mode d'application. — M. P. **Marchal** a constaté que le changement de la nourriture pin pour la nourriture épicéa est en relation intime avec l'apparition de la génération sexuée chez les Chermes. — MM. M. **Labbé** et L. **Furet** ont observé que la réduction du régime, celle des chlorures et les bains de vapeur exercent un rôle important sur l'amaigrissement des obèses. — MM. H. **Bierry** et L. **Malloizel** ont constaté une hypoglycémie après l'injection d'adrénaline chez les animaux totalement décapsulés.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 2 Juillet 1908.

M. V. **Babes** a reconnu que les lésions inflammatoires, loin d'être rares, sont fréquentes dans les capsules surrénales. — MM. V. **Babes** et V. **Jonnesco** montrent que, chez le chien aussi bien que chez l'homme, la localisation de la graisse surrénale à l'état normal ou dans les différents états pathologiques est très variable. — MM. G. **Marinesco** et J. **Minea** ont constaté que l'ablation de l'appareil thyroparathyroïdien exerce une action ralentissante sur les phénomènes morphologiques qui se passent dans les ganglions greffés. — MM Al. **Obregia** et A. **Antoniu** signalent trois guérisons rapides d'affections mentales à la suite de ponctions rachidiennes. — M. G. Z **Petresco** a trouvé des lésions séborrhéiques qui ne sont pas dues au microbe d'Unna-Sabouraud; elles sont sous la dépendance d'une inflammation du revêtement cutané. — M. F. J. **Rainer** présente ses recherches sur les lymphatiques superficiels du cœur.

Séance du 16 Juillet 1908.

M. V. **Babes** a observé que la formation de chaînettes est la règle dans le développement du *Staphylococcus aureus* sur certains milieux (gélose-sérum). — MM. V. **Babes** et V. **Jonnesco** ont constaté qu'une diminution de la graisse surrénale se produit par l'inanition, par les maladies infectieuses générales graves et par les injections répétées de petites doses d'adrénaline. — M. V. **Busila** a isolé des centres nerveux d'animaux atteints de rage une bactérie qui, inoculée aux animaux, reproduit une maladie semblable à la rage. — MM. J. **Cantacuzène** et C. **Jonescu-Mihaiesti** ont reconnu que le sérum normal contient une ou plusieurs substances thermolabiles, capables, à doses infinitésimales, de précipiter la pepsine dans un milieu très peu acide. Il renferme également une ou plusieurs substances qui neutralisent l'action digestive de la pepsine en milieu neutre. — M. M. **Ciuca** montre que l'œuf de poule vaccinée contre le streptocoque constitue un milieu tout à fait défavorable à la culture de ce microbe. — M. D. **Jerinici** a trouvé des Ascarides fréquemment dans le tube digestif des typhiques. — M. Al. **Obregia** a réussi à pratiquer sans difficulté la rachicentèse sous-occipitale.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séance du 10 Juillet 1908.

M. Aug. **Charpentier** donne une théorie de la stéréochromie binoculaire ou phénomène de Miller. — MM. G. **Etienne** et M. **Perrin** ont étudié les leucocytes chez les vieillards bien portants; le nombre des mononucléaires va en diminuant, alors que celui des polynucléaires augmente constamment avec l'âge. — M. M. **Lucien** présente ses recherches sur le développement du ligament annulaire antérieur du tarse. — M. L. **Bruntz** a reconnu que la bordure en brosse du rein des Thysanoures apparaît et disparaît suivant les périodes d'activité glandulaire; les bâtonnets de la cellule rénale jouent un rôle mécanique passif de formation de soutien. — M. Th. **Guilloz** décrit un nouveau procédé de stéréoradiographie. — M. R. **de Drouin de Bouville** a constaté que les œufs, alevins et jeunes sujets de Salmonides sont insensibles aux brusques variations de température. — MM. M. **Lucien** et J. **Parisot** montrent que l'influence de l'ablation du thymus sur la croissance est peu marquée chez les animaux âgés, tandis qu'elle est manifeste chez les jeunes.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 30 Avril 1908.

M. **Bryan Cookson** : *Détermination photographique des éléments des orbites des satellites de Jupiter.* Pendant l'opposition de Jupiter en 1902, l'auteur a pris une série de mesures des positions relatives des quatre satellites galiléens avec l'héliomètre de 7 pouces, à l'Observatoire du Cap. Simultanément avec ces observations visuelles, des photographies furent prises avec le télescope astrographique. Ce Mémoire contient un court aperçu du travail accompli sur les photographies. La recherche avec l'héliomètre avait pour objet de déterminer la masse de Jupiter et de corriger les meilleurs éléments utiles des orbites des satellites, qui étaient très erronés. La masse du système de Jupiter a été déterminée avec grand soin d'après les observations de l'héliomètre, en fonction de la masse solaire. La valeur finale déduite est 1 : 1.047,30 ± 0,06. Dans le cas du second satellite, qui possède une orbite ayant une inclinaison de 0°48 sur l'équateur de Jupiter, le nœud rétrograde de 12° par an, et dans ce mouvement, 82 °/₀ sont dus à la compression de Jupiter, 4 °/₀ à l'influence du satellite I, 13 °/₀ à celle du IIIe et 1 °/₀ à celle du IVe. Le Ve satellite, découvert par Barnard, est si près du premier, que le nœud de son orbite fait une révolution d'environ 912° par an, et les termes de second ordre commencent à se faire sentir. Une mesure précise de ce mouvement aurait une grande valeur, car une comparaison de la compression de Jupiter déduite du mouvement du nœud du Ve satellite avec celle déduite du mouvement du nœud du IIe, pourrait fournir une indication concernant la distribution de la masse dans Jupiter. — M. A. E. H. **Love** : *Sur la représentation de la surface de la Terre au moyen d'harmoniques sphériques des trois premiers degrés.* Dans un travail antérieur, l'auteur avait montré que la distribution de la densité à l'intérieur de la Terre est telle que les surfaces d'égale densité présentent, outre les inégalités dépendant de la rotation diurne, d'autres inégaliés qui peuvent être spécifiées par des harmoniques sphériques des 1er, 2e et 3e degrés. S'il en est bien ainsi, la surface de la Terre, c'est-à-dire la surface de la lithosphère, doit présenter des inégalités correspondantes, ainsi que les surfaces équipotentielles. En traduisant analytiquement ce résultat, l'auteur arrive à une équation, dont il calcule les coefficients, et qui lui permet de dresser la carte ci-jointe (p. 722). La ligne fine et continue représente grossièrement le contour actuel des terres; la grosse ligne est la ligne zéro de l'harmonique superficielle; la ligne pointillée est la ligne de contour suivant laquelle l'élévation calculée est égale à 1/10 de sa valeur maximum. L'accord des résultats calculés et des faits géographiques est assez bon pour conférer une grande vraisemblance à la théorie de l'auteur. — MM. E. **Wilson**, V. H. **Winson** et G. F. O'**Dell** ont étudié *la perte d'hystérèse et les autres propriétés des alliages de fer sous de très petites forces magnétisantes.* La perméabilité de l'alliage nommé « stalloy » est élevée pour des valeurs relativement basses de l'induction magnétique B, mais elle diminue rapidement lorsque B augmente. La perte d'hystérèse pour cet alliage est un peu inférieure à celle du fer pur, tandis que celle de l'alliage nommé « lohys » est un peu plus élevée. — MM. G. **Jerusalem** e

Digitized by Google

W. J. Pope : *Relation entre la forme cristalline et la constitution chimique des dérivés picryliques.* Les auteurs appliquent les considérations développées par Barlow et Pope. Ils montrent que les structures cristallines des composés picryliques dérivent de celle du benzène en écartant les colonnes de carbone et empilant les groupes de substituants entre elles. — Sir **W. Crookes** communique ses *recherches sur le scandium.* Depuis quelques années, il a examiné cinquante-trois minéraux rares au point de vue de la présence du scandium, en se servant du spectre de cet élément, qui possède un groupe caractéristique de lignes entre λ 3.535,864 et λ 3.651,983, la plus forte étant située à λ 3.613,984. Sur tous ces minéraux, l'auteur a trouvé du scandium dans l'auerlite, la cérite, la keilhauite, la mosandrite, l'orangite, l'orthite, le pyrochlore, la thorianite, la thorite et la wiikite, ce dernier en contenant 1,17 °/₀, c'est-à-dire plus de cent fois ce qu'en renferment les autres. La wiikite est un minéral amorphe noir, de densité égale à 4,85. Il est imparfaitement attaqué par les acides minéraux forts, mais se décompose aisément par fusion avec le bisulfate de K. Chauffé au rouge dans un tube de silice, il dégage de l'hélium, de l'eau et un peu de H^2S. L'auteur décrit un procédé de fractionnement qui lui a permis de séparer le scandium des autres terres rares contenues dans le minéral; la dernière impureté est l'ytterbium. Le poids atomique du scandium est de 44,1. L'auteur en a préparé un grand nombre de composés : l'hydrate $Sc(OH)^3$, le carbonate $Sc^2(CO^3)^3.12H^2O$, deux chlorures hydratés $Sc^2Cl^6.12H^2O$ et $Sc^2Cl^6.3H^2O$, le sulfate anhydre et deux sulfates à 5 et 6 H^2O, un sulfate basique $Sc^2O(SO^4)^2$, un sulfate double de scandium et de potassium, un nitrate anhydre et un nitrate à $4H^2O$, le formiate, $(HCOO)^3ScOH.H^2O$, l'acétate $(CH^3.COO)^2ScOH.2H^2O$, quatre oxalates à 5, 3, 2 et 1 H^2O, deux picrates à 14 et 5 H^2O, etc. — **M. T. H. Laby** : *La sursaturation et la condensation nucléaire de certaines vapeurs organiques.* L'auteur a déterminé pour cinq éthers, six acides et l'alcool iso-amylique, l'expansion minimum qui provoque la condensation dans un air saturé initialement avec la vapeur organique et ionisé par les rayons Rœntgen. Dans le cas de l'acide acétique, l'expansion nécessaire est plus grande pour les rayons de Rœntgen faibles que pour les rayons forts. L'auteur a calculé ensuite la sursaturation S existant à la fin de chaque expansion; les acides possèdent les plus grandes valeurs de S et les alcools les moindres. Dans le cas des alcools, une diminution régulière de S accompagne l'addition d'un groupe CH^2. Lorsqu'on opère sur des vapeurs non ionisées, il faut, pour les acides formique, acétique et butyrique, une expansion plus grande pour amener la condensation.

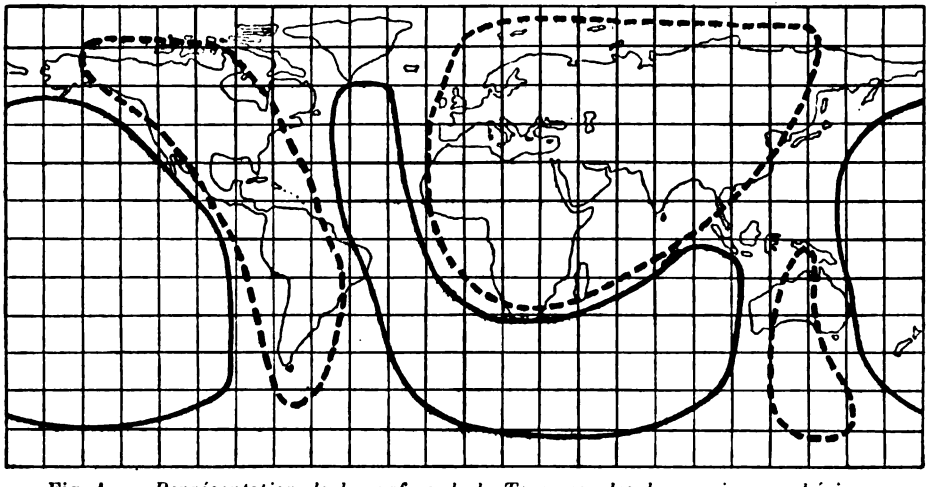


Fig. 1. — *Représentation de la surface de la Terre par les harmoniques sphériques.*

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 12 Mars 1908.

M. J. F. Liverseege indique un moyen commode pour le calcul de l'adultération des laits, lorsqu'on connaît la quantité de graisse et de solides non gras dans le lait normal et dans le lait adultéré. La méthode de l'auteur est une méthode graphique, qui est plus rapide que la résolution d'équations simultanées. — **M. H. S. Garry** présente une étude sur l'organisation des usines.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 4 Juin 1908.

M. Meyer présente un Mémoire sur l'importance, pour l'histoire primitive du genre humain et la méthode historique en général, de l'exploration du vieil Orient. Il y fait remarquer que le développement des peuples civilisés et les restes appartenant aux stades d'évolution les plus anciens de la vie humaine, démontrent d'un commun accord que le développement physique et psychique de l'homme, vers 5000 ans avant J.-C., était assez avancé pour lui permettre l'entrée dans la voie d'une civilisation supérieure. La culture paléolithique du Magdalénien présente des rudiments plus anciens; ceux qui datent d'une époque encore plus reculée (l'âge éolithique) appartiendraient cependant, non plus à l'homme, mais aux étapes antérieures à l'évolution humaine. — **M. Frobenius** présente un Mémoire de **M. J. Schur** sur la représentation de l'ensemble symétrique par les substitutions linéaires homogènes. L'auteur y fait voir que chaque ensemble de substitutions linéaires homogènes — isomorphe par rapport à l'ensemble symétrique d'un degré quelconque — peut se convertir, grâce à une transformation linéaire des variables, en un ensemble à coefficients en nombres entiers rationnels.

Séance du 18 Juin 1908.

M. O. Hertwig rend compte de ses expériences relatives à l'existence, dans le cas des Vertébrés, d'extrémités en excès. Il fait la démonstration, sur le squelette d'un canard adulte, d'un cas de dédoublement des extrémités postérieures. D'autre part, les expériences les plus variées lui ont permis de provoquer une multiplication anormale de certains organes, surtout chez les Vertébrés appartenant à la classe des Amphibiens (scission d'organes, transplantation d'organes d'une larve amphibie à des parties différentes du corps d'une autre larve).

Séance du 25 Juin 1908.

M. M. Planck adresse un Mémoire sur *l'équation d'état « canonique » des gaz mono-atomiques.* On sait que la relation reliant la pression avec le volume et la température d'une substance est appelée en Thermodynamique *l'équation d'état* de cette dernière. L'auteur désigne sous le nom d'équation d'état « canonique »

Digitized by Google

l'équation d'état spéciale qui représente l'entropie comme fonction de l'énergie et du volume. Cette équation, caractéristique de l'ensemble des phénomènes thermo-dynamiques de la substance, est déduite directement — sur la base de la définition de l'entropie donnée par Boltzmann — de la probabilité de l'état. Dans le cas d'un gaz dont les atomes seraient des sphères rigides, cette équation fournit, entre la pression, le volume et la température, une relation qui concorde essentiellement avec l'équation bien connue de Van der Waals. — M. Frobenius adresse un Mémoire de **M. Landau** sur deux nouvelles déductions du nombre asymptotique des nombres premiers en dessous d'une limite donnée. L'auteur y donne deux nouveaux systèmes de démonstrations du théorème suivant lequel le nombre de nombres premiers, en dessous de x, est asymptotiquement égal au logarithme intégral de x.

ALFRED GRADENWITZ.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 29 Mai 1908.

M. A. Koepsel présente un *nouveau procédé de transmission des mouvements de faible énergie*. Se passant de tout lien mécanique, ce procédé est exempt des défauts qui affectent les méthodes de transmission et d'enregistrement, en général mécaniques, qu'on a jusqu'ici préconisées. Aussi les mouvements les plus délicats dus à des quantités d'énergie minimes sont-ils transmis avec une sûreté absolue à des distances quelconques. D'autre part, ce procédé permet de convertir les mouvements de faible énergie en mouvements de grande énergie, et inversement. La chaleur sert d'agent de transmission, le rayonnement d'un fil chauffé par le courant électrique, à l'abri des courants d'air, étant influencé par le mouvement. Un disque mince de mica à contour convenable est rigidement relié au système dont il s'agit de transmettre le mouvement. Un bout du fil chauffé, qui est suspendu au-dessous de ce disque, est dégagé par la rotation du disque, en même temps qu'une portion correspondante de l'autre extrémité du fil est recouverte : ainsi la température de la première partie diminue en même temps que s'accroît celle de la seconde. Les variations de résistance qui en résultent sont accusées par les mouvements (analogues à ceux du système relié au disque de mica) de l'aiguille d'un galvanomètre insérée dans un pont de Wheatstone, dont ces bouts de fil forment deux branches voisines. En modifiant la forme du disque de mica, l'on provoque les transformations les plus variées du mouvement transmis à distance, convertissant, par exemple, une progression carrée en progression proportionnelle. Les amplitudes de mouvement très petites se transforment en amplitudes très grandes. L'énergie du courant de transmission est accrue presque à volonté en augmentant la section du fil ou en disposant en parallèle plusieurs fils analogues. Le modèle présenté à la Société transmettait les mouvements, non seulement d'une façon conforme, mais avec un synchronisme parfait. — **M. F. N. Jentzsch** adresse une Note sur l'*émission d'électrons par les oxydes métalliques incandescents*. Dans le cas des matières électro-positives, le travail fourni par un électron en s'échappant est plus grand que pour les matières électro-négatives; d'autre part, le nombre d'électrons libres est, en général, plus grand dans les premières. Aux températures très élevées, la perte d'énergie d'un corps paraît dépendre du signe de sa charge électrique. — **M. W. Westphal** rend compte de ses *mesures de potentiels sur les cathodes d'oxydes incandescents*. Il confirme la théorie de J. J. Thomson, suivant laquelle les propriétés de l'espace obscur de Crookes, aux cathodes de l'effluve dans le vide, s'expliqueraient par un appauvrissement en électrons. — **M. O. Lehmann** présente un Mémoire relatif à ses *expériences sur les cellules artificielles à parois liquides cristallines*. L'auteur conteste l'explication, donnée par M. G. Quincke, de la production des cellules artificielles et des dépôts membraneux, les liquides ne pouvant pas assumer de biréfringence permanente sous l'action d'une pression ou d'une poussée. Aussi croit-il que les formes étudiées par Quincke ne sont autres que des sphéro-cristaux liquides creux. — **M. M. Thiesen** adresse une Note sur l'équation d'état des métaux. Il développe et vérifie par l'expérience quelques conclusions dérivées d'une équation récemment établie par M. Grüneisen.

Séance du 19 Juin 1908.

MM. O. von Baeyer et **E. Gehrcke** adressent un Mémoire relatif à l'*effet Zeeman dans les champs magnétiques faibles*. Les expériences dont ils rendent compte font voir que les deux raies jaunes 579 et 577 $\mu\mu$, dans les champs de 1120 gauss ou supérieurs à cette valeur, ne présentent pas d'asymétrie appréciable des composantes extérieures du triplet. Si elle existe, cette asymétrie, étant probablement inférieure à la largeur des raies elles-mêmes, ne pourrait se constater qu'avec difficulté à l'aide des spectroscopes actuels à pouvoir dissolvant élevé. — **M. H. du Bois** et **G. J. Elias** ont étudié l'*influence de la température et de l'aimantation sur les spectres d'absorption et de fluorescence sélectives*. Dans le système naturel des éléments chimiques, rangés suivant les poids atomiques croissants, il se présente sept séries d'éléments paramagnétiques, mais les séries paires ont une allure paramagnétique moins prononcée que les impaires, à savoir : 1° l'oxygène : 3° les métaux du groupe du fer ; 5° les métaux alcalino-terreux rares ; 7° le groupe de l'uranium. Or, comme les composés inorganiques doués d'une absorption sélective bien marquée présentent tous la particularité d'appartenir à ces séries paramagnétiques, les auteurs ont cru intéressant d'étudier les relations qui peuvent exister entre la température et l'aimantation de plusieurs de ces composés, d'une part, et leurs phénomènes optiques, de l'autre. En ce qui regarde l'influence de la température, celle-ci se manifeste, au double point de vue qualitatif et quantitatif, de la façon la plus diverse pour des substances différentes, voire même pour des régions d'absorption différentes d'une même substance. Aussi ne convient-il point d'admettre la validité universelle d'une loi simple. L'influence de l'aimantation sur les bandes d'absorption est encore plus variée ; les auteurs distinguent à ce propos seize types principaux plus ou moins arbitraires. La multiplicité de ces phénomènes forme un contraste évident avec la simplicité idéale de l'effet Zeeman « normal ». — **M. E. Hochheim** adresse une Note sur la *détermination de la constante diélectrique de l'hélium* par la méthode électrostatique de Hopkinson-Lebedeff. Cette méthode de réduction à zéro comporte l'emploi de deux piles constantes à haute tension et de deux condensateurs d'une même capacité. Les plaques inférieures de ces condensateurs communiquent entre elles et avec l'une des paires de quadrants d'un électromètre. Lorsqu'on interrompt, au moyen d'une bascule, la mise à la terre initiale des plaques supérieures, les quantités d'électricité liées diélectriquement par les gaz se compensent les unes les autres, et l'électromètre, tant que les capacités des deux condensateurs sont identiques, reste au repos. Quand, au contraire, le gaz de l'un des condensateurs est remplacé par un autre gaz à constante diélectrique sensiblement différente, il faut, pour maintenir l'électromètre au zéro, ajouter à l'une des piles un certain potentiel supplémentaire, permettant, de concert avec le potentiel initial, de calculer d'une façon très simple la constante diélectrique recherchée. Le résultat de ces expériences, d'après lesquelles la constante diélectrique de l'hélium, réduite à 0° et à 760 millimètres de mercure, serait de $D = 1,000.074 \pm 0,000.004$, confirme d'une façon très satisfaisante la relation de Maxwell $D = n^2$. L'auteur se propose d'établir par la même méthode la constante diélectrique de l'argon.

ALFRED GRADENWITZ.

Digitized by Google

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séances de Juin 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Lauricella** s'occupe de quelques équations intégrales. — **M. P. Enriques** : Sur les modules des surfaces algébriques. — **M. L. Orlando** : Sur le déterminant de Wronski.

2° Sciences physiques. — **M. A. Ricco** fait une communication relative à la carte photographique du Ciel et aux moyens de reproduction de cette carte; il présente quelques essais dus à M. Calzone. Ce dernier se sert, pour la reproduction, de la photogravure sur zinc, qui permet une solution pratique et économique du problème. — **MM. G. Koerner** et **A. Ballasio** s'occupent des produits de l'ioduration de la métanitraniline. — **MM. A. Angeli** et **G. Marchetti** ont fait des recherches expérimentales sur la décomposition de quelques sels d'argent. — **M. A. Chilesotti** s'occupe des composés du plomb avec l'acide nitreux, recourant aux méthodes physiques pour leur étude. — **MM. R. Ciusa** et **R. Luzzatto** ont fait des expériences pour établir les effets que l'hydroxylamine produit dans l'organisme animal; ils ont reconnu que cette substance est un poison quatre à cinq fois plus énergique que l'acide nitreux. — **MM. R. Ciusa** et **U. Pestalozza** : Sur l'action de l'hypoazotide sur les aldéhydophénylhydrazones. — **M. M. Levi-Malvano** donne la description de quelques dérivés d'un chlorure complexe d'or et de phosphore. — **M. L. Marino** : Sur l'isomérie de structure; préparation de sélénites asymétriques. — **M. L. Cambi** poursuit son étude sur les ferronitrosulfures. — **MM. M. Padoa** et **G. Scagliarini** : Sur les actions catalytiques des métaux très divisés sur les composés azotés. — **MM. N. Parravano** et **G. Calcagni** : Sur les polyphosphates.

3° Sciences naturelles. — **M. E. Tacconi** décrit un nouveau minéral, un silicate de fer et de baryum, qu'il a découvert à Candaglia en Val Toce, et à qui il a donné le nom de « taramellite », en honneur du géologue italien Taramelli, qui s'est longuement occupé de la géologie des Alpes. — **M. A. R. Toniolo** a fait une étude des alentours de Rozzo en Istrie, et des terrains de la série éocénique qui y affleurent et qui sont très riches en fossiles. — **M. L. Maddalena** donne la description d'un nouveau filon de basalte néphélinique qu'il a découvert dans la masse porphyrique des Guizze di Schio. — **M. F. Botazzi** transmet à l'Académie les résultats de ses recherches chimiques et physiques sur les liquides animaux; il étudie le temps d'écoulement du sang et du sérum chez plusieurs animaux marins et terrestres. — **MM. B. Grassi, R. Grandori** et **Mlle Foa** ont poursuivi leurs recherches sur le phylloxera de la vigne, sur la production des galles par les parasites des racines, et sur les différences que les insectes présentent dans les différentes saisons de l'année. — **M. E. Chiovenda** a reconnu que l'auteur de deux très anciens herbiers (xvie siècle) de la bibliothèque Angélique de Rome doit être le médecin Petrollini, de Viterbe. — **M. U. Lombroso** recherche l'origine des mouvements respiratoires des poissons et démontre la grande influence que les changements du milieu manifestent sur ces mouvements. — **Mlle E. Mameli** et **M. G. Pollacci** présentent de nombreuses observations critiques à un travail de MM. Usher et Priestley sur le mécanisme de l'assimilation du carbone dans les plantes vertes; ils affirment qu'au phénomène de l'assimilation est étroitement liée la présence de l'aldéhyde formique, qui se trouve localisée dans les seuls chloroblastes.

Dans ses dernières élections, l'Académie des Lincei a nommé Associés étrangers : **M. A. Lacroix**, de l'Institut, professeur au Muséum de Paris, et **M. H. Deslandres**, de l'Institut, directeur de l'Observatoire de Meudon.

Ernest Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 2 Juillet 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. F. Wesely** a déterminé définitivement la trajectoire de la comète 1861 V. Cette trajectoire est une hyperbole, mais avec une excentricité si peu différente de l'unité ($e = 1,000.057$) que la représentation des lieux se fait aussi bien par une parabole.

2° Sciences physiques. — **M. V. Conrad** a constaté l'existence d'une période de vingt-six jours dans la dispersion électrique de l'air, analogue à celle que Liznar a trouvée pour les éléments du magnétisme terrestre. — **M. J. Hattwich** a étudié l'influence de la fusion sur la constante diélectrique du soufre, de la paraffine, de la colophane, du naphtalène et du phénanthrène, et a reconnu qu'elle est nulle. — **M. A. Lampa** étudie la façon dont se comportent les isolateurs dans le champ tournant électrostatique en se basant sur l'hypothèse de Pellat, et déduit la valeur du moment de rotation pour une sphère. — **M. E. Rutherford** a déterminé de nouveau la quantité d'émanation qui est en équilibre avec un gramme de radium et la durée d'existence du radium. Il confirme la valeur de deux mille ans, donnée primitivement par Ramsay. — **M. A. Kailan** a étudié l'éthérification de l'acide trichloracétique dans diverses conditions, en particulier en présence de HCl comme catalysateur. Les résultats montrent que le mécanisme de l'éthérification est beaucoup plus compliqué que ne le suppose l'hypothèse de Goldschmidt. — **MM. H. Schrœtter** et **R. Weitzenbœck** ont reconnu que l'acide rhizocholique, qu'ils ont obtenu aux dépens, d'une part, de la cholestérine et de l'acide cholalique, d'autre part, du camphre et de l'essence de térébenthine, n'est pas un dérivé du cyclopentane, mais l'acide benzènepentacarbonique $C^{11}H^6O^{10}$. — **M. E. Scholl** a retiré de la chitine pure du *Boletus edulis* par ébullition avec la potasse à 10 % en l'absence d'acides et d'oxydants; cette chitine se comporte comme la chitine animale : par hydrolyse avec HCl, elle donne 78 % de chlorhydrate de glucosamine. Les membranes du *B. edulis* sont formées en grande partie de chitine pure.

3° Sciences naturelles. — **M. E. Zuckerkandl** a étudié l'anatomie de la fissure pariéto-occipitale médiane et du sulcus intrapariétal. Il est probable que plusieurs fourches ont participé à la constitution de la première. Le sulcus intrapariétal des singes américains présente plusieurs formes, dont l'auteur n'a pu encore déterminer la plus ancienne. — **M. M. Holl** présente ses recherches sur l'insula du cerveau de l'homme et des singes dans ses rapports avec la surface supérieure du lobe temporal. Chez l'homme, le gyrus temporalis magnus (et accessorius) forme primitivement le pédoncule temporal d'un gyrus insulo-temporal; ce n'est que par des processus secondaires que ce gyrus perd sa connexion avec l'insula et entre en relation avec l'opercule pariétal pour former ensuite le pédoncule temporal d'un gyrus temporo-pariétal profond. Des faits analogues peuvent être constatés dans le cerveau des singes et de l'embryon humain. — Le même auteur a étudié la morphologie comparée de l'insula antérieure du cerveau humain. Elle représente un puissant domaine de plissement de la partie baso-latérale du néopallium frontal. — **M. F. Steindachner** décrit une nouvelle espèce de *Metynnis* (de la famille des Characidées), le *M. unimaculatus*, trouvé dans une lagune du Rio Medonho (Brésil). — **M. O. Pesta** présente ses recherches sur les Copépodes parasites, spécialement au point de vue de l'organisation sexuelle.

Louis Brunet.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 18 30 SEPTEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Les équations personnelles dans l'observation des étoiles doubles. — On connaît toutes les raisons pour lesquelles il est très difficile, et souvent impossible, de faire concorder avec la moyenne des observations celles d'un observateur isolé, en étudiant son équation personnelle et en en corrigeant ses observations. Or, les erreurs qui en résultent ont une importance extrême dans la mesure des étoiles doubles, à tel point que d'éminents astronomes ont pu dire que la difficulté de les éliminer s'opposait à tout progrès important dans cette branche de la science.

D'autre part, on a attribué, dans certains cas, les irrégularités de ces systèmes stellaires à la présence de compagnons invisibles; mais l'existence de tels compagnons est encore très douteuse à l'heure actuelle, et la précision des observations ne permet pas d'affirmer quelque chose de certain à cet égard. Il importe donc que ces étoiles soient étudiées par un grand nombre d'observateurs, afin que les erreurs systématiques de chaque astronome, qui ne sont sans doute pas les mêmes pour chacun d'eux, deviennent des erreurs accidentelles dans la comparaison de l'ensemble des observations : on pourra, ainsi, obtenir des résultats suffisamment précis pour arriver à décider de la nécessité et de la valeur des hypothèses émises sur la cause de ces irrégularités.

Il est donc très important d'étudier la valeur pratique des procédés que l'on peut imaginer pour écarter les principales de ces erreurs, et nul n'était mieux préparé à ces recherches que M. P. Salet, déjà connu par ses intéressantes déterminations d'équations personnelles. MM. P. Salet et J. Bosler se sont donc livrés, en 1907, à l'Observatoire de Paris, à des observations d'étoiles, choisies, pour la plupart, parmi celles dont le mouvement semble présenter des irrégularités, c'est-à-dire parmi les étoiles du type de ζ Cancer ou de p Ophiucus : il s'agissait, avant tout, de mettre en évidence l'existence des erreurs dues à l'équation personnelle et d'en corriger, si possible, les observations.

La principale source d'erreurs des observations d'étoiles doubles est, comme on le sait, l'équation personnelle provenant de l'inclinaison du couple par rapport à l'horizon : cette équation personnelle existe bien pour les divers observateurs, elle a une valeur sensible, mais le dispositif préconisé [1] par les auteurs précédents permet d'éliminer l'erreur résultante, et les tableaux d'observations qu'ils fournissent offrent une concordance très satisfaisante.

C'est là, à tous égards, un progrès très sensible, tant pour les étoiles doubles elles-mêmes que pour les observations équatoriales de précision.

Une nouvelle détermination de l'Apex solaire. — Le Professeur Kobold, de l'Observatoire de Kiel, a repris le problème des courants stellaires dont nous avons parlé récemment, et qui avait été traité déjà par MM. Kapteyn, Eddington et Dyson ; sa conclusion vient confirmer d'une façon générale les résultats précédemment obtenus.

L'originalité du travail de M. Kobold consiste surtout à mettre en lumière une erreur systématique introduite dans toutes les déterminations des années antérieures qui ont essayé de rechercher la position de l'Apex solaire. Il est évident que cette erreur doit être assez grande si le Soleil se meut en même temps qu'un courant d'étoiles, sorte d'essaim qui voyage de concert avec lui.

Or, c'est précisément ce qui résulte de l'étude des mouvements propres de 2.262 étoiles. La nouvelle méthode a permis de fixer la position de l'Apex solaire au point qui a pour coordonnées :

AR. . . . . 170°,30′ ou 18h,2
δ. . . . . —0°,2′

Ce point est situé dans la Voie Lactée et très proche du radiant de l'un des courants stellaires du Professeur Kapteyn. **Th. Moreux.**

§ 2. — Physique

La liquéfaction de l'Hélium. — Le dernier des gaz permanents, qui, depuis plusieurs années, avait résisté à toutes les tentatives de liquéfaction, vient

[1] *Bulletin astronomique*, t. XXV, p. 19.

Digitized by Google

enfin de céder aux efforts persévérants de M. le Professeur Kamerlingh Onnes. Déjà, il y a quelques mois, l'éminent physicien hollandais avait cru pouvoir annoncer la condensation de l'hélium; mais il avait opéré sur un gaz insuffisamment purifié, et il s'agissait, en réalité, d'une solution d'hélium gazeux dans l'hydrogène liquide. Il s'empressa, d'ailleurs, — signe d'une haute probité scientifique, — de publier bien haut qu'il s'était trompé, lorsqu'il eut reconnu son erreur. Aussi, tous les savants s'associeront-ils à nous pour féliciter vivement M. Onnes du succès définitif qu'il vient de remporter.

C'est grâce aux ressources presque uniques du Laboratoire cryogène de l'Université de Leyde que l'hélium a pu être liquéfié. Le gaz, soumis à une pression de 100 atmosphères, est refroidi jusqu'à 15° absolus par une circulation d'hydrogène liquide s'évaporant sous une pression de 6 centimètres cubes. Par détente adiabatique, il se condense en un liquide transparent et incolore, doué d'une très faible capillarité. Sa densité est de 0,154. Le point d'ébullition, déterminé avec un thermomètre à hélium, est égal à 4°3 (4°5 absolus après correction). La température critique n'est pas beaucoup au-dessus de 5°, et la pression critique peu supérieure à 2, 3 atmosphères.

L'hélium ne s'est pas solidifié lorsque la pression de vapeur a été diminuée, même jusqu'à 7 millimètres; s'il se comporte comme le pentane, il ne deviendra solide que vers 1°.

M. Onnes espère pouvoir réaliser bientôt une circulation continue d'hélium liquide au Laboratoire de Leyde et entreprendre, avec la collaboration d'autres savants, des recherches sur les propriétés des corps au voisinage immédiat du zéro absolu.

Les effets calorifiques produits par les Rayons X dans le plomb et le zinc. — Dans des expériences datant d'environ deux ans, M. H. A. Bumstead, professeur à Yale University, croyait constater que les rayons X, absorbés également dans le plomb et le zinc, produisent dans le premier une quantité de chaleur à peu près double de celle qui est engendrée dans le zinc.

Or, en reprenant ces mêmes expériences, l'auteur[1] vient de constater la présence d'erreurs assez sérieuses, dues à la construction même de son appareil (qui était une forme spéciale de radiomètre). L'isolement thermique des parties métalliques était, en effet, imparfait, et, en raison d'une différence des coefficients d'absorption lumineuse, produisant une compensation accidentelle, les expériences étaient incapables de déceler ce défaut. Comme, d'autre part, les recherches de M. E. Angerer sont venues démontrer l'égalité approximative des effets calorifiques dans le plomb et le zinc, l'auteur a entrepris, avec un appareil perfectionné, une nouvelle série d'expériences dont les résultats sont les suivants :

A l'inverse des résultats antérieurs, les quantités de chaleur dans les deux cas se trouvent être égales, avec une incertitude de 5 à 10 °/₀.

Les rayons secondaires émis par le plomb exposé aux rayons X sont complètement exempts de rayons capables de produire des scintillations sur un écran en blende. D'autre part, la désintégration du dépôt actif due à l'émanation du thorium n'est nullement accélérée par l'exposition aux rayons X.

L'emploi de la vapeur de sélénium pour la préparation des piles sensibles à la lumière. — On se rappelle les applications si variées qu'ont trouvées, pendant ces dernières années, les piles à sélénium, dont la résistance électrique se modifie sous l'influence d'un éclairage variable. Ces dispositifs permettent, en effet, de convertir les variations lumineuses en fluctuations électriques, susceptibles d'être transmises à distance. Ils forment, par exemple, l'organe sensible de certains appareils de télé-photographie, notamment de l'appareil de Korn, et d'un système de radio-téléphonie par l'intermédiaire des ondes lumineuses.

Or, la plus grande difficulté compliquant l'emploi de ces dispositifs si utiles était due aux inégalités de leur sensibilité et à l'inertie de leur fonctionnement. Aussi plusieurs savants ont-ils renoncé dernièrement à l'usage d'un organe qui n'est presque jamais exempt de caprices ni d'une certaine incertitude.

M. W. S. Gripenberg[1] vient d'indiquer, pour préparer ces piles, une nouvelle méthode qui nous paraît bien faite pour éliminer, en partie au moins, les difficultés auxquelles nous venons de faire allusion.

La condition essentielle de succès, dans la fabrication des piles à sélénium, consiste à enduire un corps solide d'une couche mince de ce métalloïde. Or, loin d'adhérer à son support, le sélénium s'accumule bien souvent sous la forme de gouttes. Ceci est vrai surtout dans le cas des piles à base de verre.

L'auteur remplace le métalloïde liquide par de la vapeur de sélénium, dont il provoque la sublimation à la surface froide du support. C'est ainsi qu'il obtient des couches assez uniformes d'une épaisseur extraordinairement faible. Le sélénium appliqué par cette méthode adhère parfaitement au verre.

L'auteur recommande d'opérer la sublimation du sélénium au sein d'une atmosphère d'acide carbonique sec. Comme, suivant les expériences de M. Marc, les additions d'argent augmentent la sensibilité photoélectrique de ces piles, il sera peut-être bon d'enduire la plaque de verre, avant la sublimation, d'une couche d'argent extrêmement mince.

Ces piles se protègent facilement contre les influences atmosphériques et autres. L'impossibilité de tout court-circuit, en dépit de la proximité des conducteurs et de la faible résistance de la pile en comparaison de ses dimensions, est un autre avantage que présentent les piles à sélénium obtenues par la sublimation du métalloïde.

Timbre de quelques instruments de l'orchestre. — On sait que, d'après Helmholtz, dont les expériences étaient faites avec des résonateurs, le timbre des instruments serait déterminé par la nature et par l'intensité relative des harmoniques accompagnant le son fondamental; les voyelles, au contraire, doivent leur timbre à un ou plusieurs sons de hauteur déterminée, que l'on a appelés *vocables*.

Les recherches ultérieures ont confirmé, au moins dans ce qu'elle a d'essentiel, la théorie d'Helmholtz sur les voyelles; mais des expériences récentes, dans lesquelles on a utilisé le phonographe, tendent à infirmer l'explication qu'il a donnée du timbre des instruments; ce timbre serait caractérisé, comme celui des voyelles, par *un ou plusieurs sons dont la hauteur est fixe et indépendante de celle du son fondamental*[2]. E. Hermann-Goldap, en particulier, a réussi à amplifier considérablement, par une méthode optique, et à photographier les déplacements d'une très petite tige de verre glissant sur le cylindre d'un phonographe, sur lequel étaient enregistrés les sons produits par l'instrument à étudier; pour la reproduction, on donnait au cylindre une vitesse 80 fois plus faible que pendant l'impression, de manière à allonger les courbes obtenues; ces dernières étaient ensuite soumises à l'analyse harmonique. Cette étude a montré nettement l'existence du son fixe propre à chaque instrument, et l'influence, sur le caractère du timbre, de l'intensité relative du son fondamental et du son fixe; dans le hautbois et la trompette, l'intensité du son fonda-

[1] *Phil. Mag.*, n° 88, 1908.

[1] *Physikalische Zeitschrift*, n° 15, 1908.

[2] Meissner : publié par Wachsmuth dans *Pflügers Archiv für ges. Physiologie*, t. CXV, p. 543, 1907. — E. Hermann-Goldap : *Ann. der Physik*, t. XXIII, 875, 1907.

Digitized by Google

mental est faible, le timbre est mordant; dans le cor, — le seul des instruments étudiés qui possède deux sons fixes, — dans le trombone ténor joué piano, ces intensités sont presque égales, le timbre est plein et sonore; dans la flûte, au timbre mou, et la clarinette, au son nasillard, c'est le son fondamental qui prédomine.

§ 3. — Chimie

Machines à faire automatiquement des analyses pour le dosage de l'anhydride carbonique dans les gaz industriels. — Si certaines usines importantes ont des laboratoires spéciaux de recherches, dans la plupart des industries où l'on utilise le concours d'un chimiste, son rôle consiste surtout à effectuer l'analyse des matières premières et des produits aux différents stades de fabrication. Les chiffres ainsi obtenus permettent de vérifier le degré d'épuration, de régler les proportions de matières réagissantes, d'obtenir un produit fabriqué de composition constante... C'est le *contrôle chimique* de la fabrication.

Le travail dans les laboratoires de Chimie industrielle, consistant en une série de manipulations se répétant constamment, est dénué de tout intérêt et n'exige qu'une capacité minimum. Aussi, dans un grand nombre d'usines, les analyses sont faites par des essayeurs dirigés par un chimiste. C'est une sorte d'*atelier de dosages*, soumis aux lois qui régissent la production industrielle, et que l'on a perfectionné par la spécialisation des ouvriers, la division du travail, l'emploi d'appareils mécaniques[1]. Dans ces conditions, il était logique de supposer que les procédés analytiques évolueraient parallèlement aux procédés industriels; de fait, on est parvenu à supprimer complètement tout un ensemble de manipulations par l'emploi de machines automatiques à analyser. Et c'est un triple avantage : Les opérations analytiques ne conduisent à des résultats exacts que si elles sont faites avec un ensemble de soins minutieux; l'essayeur peut ne pas être soigneux et attentif, la machine le sera toujours. — Le contrôle du laboratoire est forcément discontinu : entre deux prises d'essais donnant des compositions normales, il peut se produire des variations qui échappent au contrôle; la machine, elle, vérifie constamment. — Enfin, ce qui est important au point de vue industriel, le dosage automatique coûte moins que la manipulation correspondante.

Plusieurs inventeurs allemands avaient construit déjà des appareils automatiques pour le dosage de l'anhydride carbonique dans les gaz. Le problème est, en effet, très simple à résoudre : il suffit de mesurer un volume donné du fluide, de le traiter par un réactif absorbant l'élément à doser, — pour CO^2, une lessive alcaline caustique, — puis de mesurer le volume restant et d'enregistrer le chiffre obtenu. Mais les analyseurs de Pintsch, de Hellwachs, d'Ados fonctionnent au moyen d'un ensemble très complexe de vases communiquants, de siphons, dont la construction est délicate et qui n'ont pas la rusticité indispensable aux appareils industriels.

Les célèbres constructeurs londoniens Simmance et Abady ont fait breveter l'an dernier et construisent maintenant un analyseur-enregistreur dont le fonctionnement est en quelque sorte mécanique, où le mouvement d'un robinet commande d'une façon sûre et simple toutes les opérations successives. Il est d'autant plus intéressant d'en étudier le fonctionnement qu'outre l'intérêt et l'importance de ses applications possibles, la conception en est très ingénieuse.

Le *Combustion Recorder* se compose d'un mesureur automatique A, B (fig. 1) et d'un analyseur enregistreur C, D. Dans la position de la figure 1, la vidange du siphon S a fait basculer le robinet R qui met en communication le tube d'amenée du gaz G avec la cloche en B soulevée par le contrepoids A. Lorsque le siphonage est terminé, O se vide peu à peu, R prend la position de la figure 2 (*b*), et le contrepoids A remonte doucement. La cloche en B descend et expulse par M le trop-plein du gaz. (Pendant l'emplissage, le tube capillaire M retient un peu de liquide qui empêche toute communication entre l'air et la cloche.) Comme l'éprouvette N contient de la glycérine, liquide non volatil, et peut s'élever ou s'abaisser, il est facile de régler une fois pour toutes les volumes de fluide prélevé.

Le liquide continuant à couler en P, A s'élève et le gaz à analyser passe de B dans le réservoir C contenant de la soude caustique; la cloche en C est formée de plusieurs cylindres concentriques retenant sur leurs parois une grande quantité de réactif. qui agit ainsi plus énergiquement sur le gaz et absorbe complètement l'anhydride carbonique. Ainsi, selon que le gaz contient plus ou moins de ce dernier, la cloche s'élève moins ou plus. Comme elle porte un style mobile selon la génératrice du cylindre D, mobile sur son axe de façon à faire un tour toutes les vingt-quatre heures, par exemple, on obtient, à la fin de la

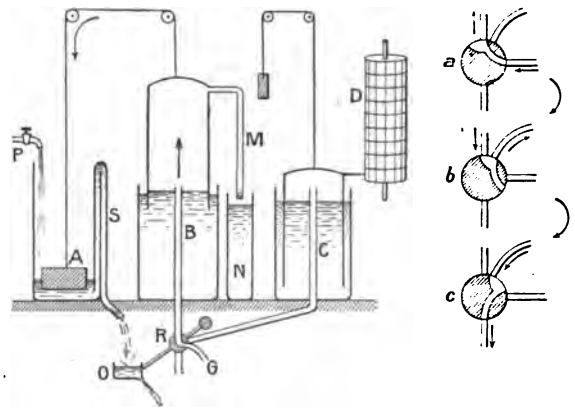


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Appareil pour le dosage automatique de l'acide carbonique.* — A, contrepoids; B, mesureur; C, D, analyseur-enregistreur; P, arrivée d'eau; S, siphon; O, vidange; R, robinet; G, amenée du gaz; M, tube capillaire; N, réservoir à glycérine.

Fig. 2. — *Positions successives du robinet R de la figure 1.*

période, sur la feuille de l'enregistreur, une série de traits dont les longueurs sont proportionnelles à la teneur des gaz en anhydride carbonique.

La course terminée, le réservoir O est complètement vide, de sorte que, le robinet R prenant la position *c* (fig. 2), la cloche en C, plus pesante que son contrepoids, retombe, et tout est prêt pour une nouvelle opération, que ne tarde pas à produire la mise en action du siphon S dès que la cuve A est remplie.

Ce n'est là évidemment qu'une description sommaire et schématisée à dessein; en réalité, l'appareil Simmance comprend des détails qui diffèrent des dispositifs décrits. On voit néanmoins qu'il suffit de faire varier l'écoulement de l'eau en P pour obtenir un nombre quelconque de dosages dans un temps donné. On pourrait aussi remplacer la soude ou la potasse caustique par une solution de pyrogallate alcalin, de protochlorure cuprique, et doser ainsi l'oxygène ou l'oxyde de carbone. En pratique, on ne dose que l'anhydride carbonique.

C'est d'ailleurs, en industrie, l'élément qu'il importe surtout de doser. Dans tous les foyers industriels, par exemple, on peut employer, pour brûler 1 kilogramme de houille, de 11 mètres cubes d'air — ce qui est le minimum possible — à 20 mètres cubes — ce qui est,

[1] Nous avons étudié cette évolution des méthodes analytiques dans la *Revue générale de Chimie* (mai 1907).

Digitized by Google

en réalité, la moyenne obtenue. Mais, dans ce dernier cas, on dépense une quantité considérable de chaleur pour échauffer l'excès d'oxygène non comburant et le volume correspondant d'azote, de la température ambiante à celle de sortie des gaz de carneaux (250 à 400° C.). Or, la quantité de CO^2 produite par un poids donné de carbone étant invariable, la teneur en anhydride carbonique des gaz de la combustion permet de chiffrer l'excès nuisible d'air, partant — si l'on connaît la température des gaz — la perte suppressible. On jugera de l'importance du contrôle chimique de la combustion par ce fait qu'à une teneur des gaz de 6-5-4 °/₀ en CO^2 correspond une perte *facilement évitable* d'environ 30-35-45 °/₀ du poids de combustible (la température étant normale). Aussi, malgré le coût élevé d'un analyseur automatique (qui, pour la plupart des modèles, atteint un millier de francs), le prix d'achat est-il facilement récupéré. Il en est de même dans les installations de fours à chaux, où l'analyse des gaz permet de régler l'introduction de calcaire et de coke, de façon à obtenir le maximum de chaux et de gaz carbonique avec le minimum de combustible.

Henri Rousset.

§ 4. — Géologie

Les puissances mécaniques comparées d'un glacier et d'un torrent. — Dans le numéro du 15 février dernier de la *Revue générale des Sciences*, M. Jean Brunhes a publié une étude sur certains caractères des vallées glaciaires; il donne des phénomènes observés une explication dans laquelle interviennent les tourbillons perforateurs de « marmites ».

Je crois qu'une meilleure explication résulte des considérations suivantes :

Pour un même débit et pour une même variation de niveau, la puissance théorique d'un glacier et d'un torrent est la même et elle est égale au produit, DH, du débit par la hauteur de chute; mais le *rendement* des deux appareils d'érosion est-il le même?

Un cours d'eau n'use son lit et ne transporte des matériaux d'une manière appréciable que pendant les périodes d'accroissement de sa vitesse, ce qui ne représente qu'une fraction très petite de la durée ; dans ces périodes mêmes, la plus grande partie de l'énergie se dépense loin de la surface mouillée du lit en mouvements tourbillonnaires internes, inactifs au point de vue de l'érosion. Pendant le reste du temps, c'est exclusivement en ces frottements internes, producteurs de chaleur, que se perd la puissance du cours d'eau, sauf le cas exceptionnel où des conditions favorables font creuser des « marmites ».

Si la puissance d'un cours d'eau torrentiel était intégralement captée par de bons moteurs hydrauliques et employée, avec un outillage approprié, au creusement du lit, il est évident que ce travail irait incomparablement plus vite. Considéré comme agent d'érosion, le cours d'eau ne possède donc, heureusement, qu'un très faible rendement; c'est un appareil de chauffage, un *dégradateur d'énergie*.

Le glacier travaille sans cesse et ne travaille guère qu'à la surface de son lit. En effet, sa masse se déplace *en bloc*, avec des mouvements internes insignifiants et avec une extrême lenteur, en sorte qu'elle n'a jamais de puissance vive appréciable. Le travail consiste en usure et broyage de roches au contact du glacier avec les parois de son lit. Le glacier, considéré comme agent d'érosion, doit donc posséder un rendement supérieur, et il perd de sa puissance d'érosion en fondant.

Si la glace pure remplissait un lit parfaitement net, elle n'userait pas plus les roches que le plomb, laminé dans l'appareil à tuyaux, n'use les parois de cet appareil. Le travail de descente produirait simplement, par compressions locales, un certain nombre de calories qui feraient fondre la glace, accélérant la marche du glacier. A vrai dire, dans ces conditions, il n'y aurait probablement pas de glacier, mais une sorte de couloir d'avalanches. Mais le glacier reçoit sur ses bords les blocs de roches tombés des pentes riveraines qui forment les moraines latérales. Par la pression qu'elles exercent et par différence de densité, les moraines s'enfoncent dans la glace et font corps avec elle. Les fragments de roches, poussés par la masse en mouvement, burinent puissamment le lit glaciaire tout en s'usant eux-mêmes et roulant peu à peu ; ils ne peuvent pas s'arrêter comme les galets d'un torrent après une crue ; ils suivent forcément la marche du glacier, avec un léger retard seulement. Le moindre mouvement de la glace produit ainsi une érosion et il est peu probable que nos outils modernes les plus perfectionnés donnent un rendement supérieur. L'outil corrodant glaciaire augmente, d'ailleurs, de puissance à mesure qu'il descend, puisque les moraines latérales reçoivent constamment de nouveaux matériaux.

S'il n'y avait pas de moraines médianes, la glace du milieu glisserait sur un lit à peu près net sans éroder; elle serait seulement retenue par cohésion à la glace des bords, retardée elle-même par le frottement des débris morainiques. Les moraines médianes travaillent aussi, mais comme elles sont moins importantes et

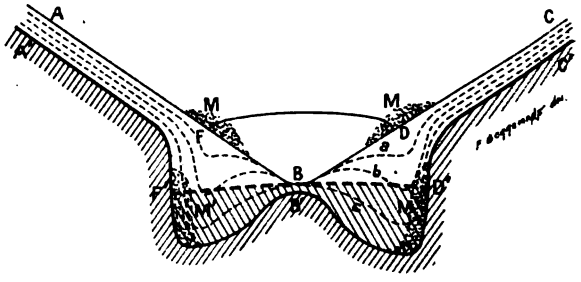


Fig. 1. — *Schéma de la transformation d'une vallée glaciaire.* — A, B, C, profil en travers de la vallée d'un torrent lors de l'envahissement par la glace; D, E, F, surface primitive du glacier; F', B', D', surface du glacier âgé; A', F', B', D', C', profil de la vallée glaciaire; M, moraines primitives; M', moraines latérales du glacier âgé; *a*, *b*, *c*, formes intermédiaires du profil.

qu'elles ne sont plus alimentées, leur effet est nécessairement moindre.

Il est donc naturel que le lit d'un glacier s'use et se creuse davantage sur les bords et que, si le glacier a un certain âge, il présente sur la zone médiane une saillie qui peut apparaître au front. Cette saillie peut se traduire dans les anciennes vallées glaciaires par des buttes comme celles de Sion et certaines buttes des vallées d'Auvergne (vallée de la Dordogne entre la Bourboule et Saint-Sauves). On comprend aussi que le glacier tende à élargir de plus en plus sa vallée, puisque son action est surtout latérale, et à lui donner le profil transversal en U, car il tend à substituer des falaises verticales aux talus d'une vallée ordinaire de torrent.

D'autre part, les petits glaciers affluents ne peuvent descendre aussi bas que le grand glacier ; ils perdent de leur puissance d'érosion en fondant. Les torrents auxquels ils donnent naissance ne peuvent creuser leur vallée aussi vite que le grand glacier creuse la sienne sur les bords; alors, à la confluence, ils tombent d'un seuil, ou gradin, plus ou moins élevé : le *gradin de confluence*.

P. Morin,
Professeur de Sciences physiques et naturelles au Lycée de Montluçon.

§ 5. — Zoologie

La Phosphorescence animale. — Les animaux qui présentent le phénomène de la phosphorescence peuvent se répartir en deux grands groupes : ou ils rejettent à l'extérieur un mucus phosphorescent, qui

Digitized by Google

manifeste ses propriétés pendant un temps plus ou moins long (luminescence extracellulaire), ou bien le produit de sécrétion reste à l'intérieur des organes qui l'ont fabriqué et n'est pas rejeté (luminescence intracellulaire). Quelques Copépodes pélagiques étudiés par Giesbrecht sont des représentants typiques de la première catégorie: il y a, chez les Centropagides en particulier, des glandes qui produisent la sécrétion lumineuse; dans les conduits excréteurs, la sécrétion ne brille pas; la lumière n'apparaît qu'en avant des orifices glandulaires (*Pleuromma abdominale*); Doflein parle d'un Ostracode, qui émet par une glande céphalique un produit de sécrétion, qui laisse une trace lumineuse sur la route suivie par l'animal. A ce groupe appartiennent encore une série de Vers et de Mollusques, dont le mucus phosphorescent conserve longtemps ses propriétés, en dehors du corps de l'animal; telle la Pholade, dont le mucus reste brillant après avoir traversé un filtre de porcelaine. Giesbrecht excite encore la luminosité sur des Copépodes desséchés depuis trois semaines.

Les organes lumineux de certains Poissons forment la transition entre les deux catégories : d'après Brauer, les organes tentaculaires des Onchocéphalides et des Ceratiides ont encore la valeur de glandes, avec conduits et orifices excréteurs; dans d'autres familles, les conduits excréteurs se réduisent de plus en plus et il n'y a plus d'émission extérieure; enfin, chez les Myctophides, l'organe lumineux est formé de cellules aplaties, groupées en lamelles, remplies d'un produit de sécrétion, mais il n'y a plus de cavité centrale ni de conduits excréteurs.

Chez beaucoup de Méduses (*Oceania scintillans*, etc.), des cellules d'aspect glandulaire, mais parfaitement closes, présentent une luminescence exclusivement intracellulaire; il en est de même pour les Ophiures à taches lumineuses (*Ophiopsila annulosa* et *aranea*, *Amphiura filiformis* et *squamata*), étudiés récemment par Mangold, Sterzinger et Reichensperger[1]. Dans tous les cas de phosphorescence, la substance photogène n'est pas le cytoplasme même de la cellule, mais un produit de sécrétion fabriqué par celle-ci.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Le IXe Congrès international de Géographie. — En vertu d'une décision prise par le VIIIe Congrès international de Géographie, dans sa session de New-York en 1904, le IXe Congrès s'est réuni à Genève du 27 juillet au 6 août dernier, de façon à coïncider avec la célébration du cinquantenaire de la fondation de la Société de Géographie de cette ville.

Le succès a couronné les efforts du Comité d'organisation qui, depuis plus de deux ans, s'était consacré à la préparation de cette rencontre internationale : le Congrès a compté 742 participants, dont plus de 200 délégués officiels des divers Gouvernements, des Instituts et Services géographiques, des Universités et des Sociétés de Géographie.

Les travaux présentés avaient été répartis entre 14 sections, comprenant les diverses branches de la Géographie au point de vue mathématique, physique, biologique, économique et historique, et siégeant simultanément l'après-midi. Plus de 200 communications y furent présentées, dans le détail desquelles il nous est impossible d'entrer.

Le matin était réservé à des séances plénières, où tous les congressistes eurent le plaisir d'entendre quelques conférences d'un intérêt général. Citons en particulier : celle de M. Alexandre Moret, conservateur-adjoint du Musée Guimet à Paris, sur le périple de l'Afrique accompli par des Egyptiens sous Néchao II (VIIe siècle avant J.-C.); celle de M. W. Rosier, conseiller d'Etat et professeur à l'Université de Genève, sur le domaine propre de la Géographie considérée comme branche d'enseignement; celle de M. Ch. Flahault, professeur à l'Université de Montpellier, sur le devoir des botanistes en matière de Géographie humaine, où l'auteur, fort applaudi, a fait entendre un éloquent appel en faveur du reboisement des montagnes; celle de M. A. Penck, professeur à l'Université de Berlin, sur le climat des Alpes à l'époque glaciaire; celle de M. J. Brunhes, professeur à l'Université de Fribourg, sur les processus du creusement glaciaire, question déjà exposée par l'auteur dans cette *Revue*; celles de M. E. Oberhummer, président de la Société de Géographie de Vienne, sur Léonard de Vinci et l'art de la Renaissance dans ses rapports avec la Géographie, et sur les grandes villes considérées comme individus géographiques; celle de M. O. de Nordenskjöld sur les résultats scientifiques de l'Expédition antarctique suédoise; celle de M. H. Arctowski sur la Géographie physique des régions antarctiques.

Les travaux du Congrès ont abouti au vote d'un certain nombre de résolutions et de vœux, dont plusieurs d'une grande importance.

Ainsi, en ce qui concerne l'exécution d'une carte du monde à l'échelle du 1/1.000.000e, qui a été entreprise par différents pays (Allemagne, Etats-Unis, France et Grande-Bretagne), le Congrès a émis le vœu qu'une série uniforme de symboles et de signes conventionnels soit adoptée par toutes les nations pour être employée sur lesdites cartes. Un Comité nommé à cet effet a précisé ces symboles et signes, qui seront transmis aux Gouvernements intéressés, en même temps que des démarches seront faites pour provoquer dans chaque pays l'exécution des parties de la carte générale qui le concernent.

Le Congrès a voté ensuite la formation d'une Association cartographique internationale (proposition de M. de Schokalsky), qui sera chargée de la publication d'un Répertoire graphique, indiquant d'une manière simple et claire le progrès continu de l'exploration du monde entier (proposition de M. F. Schrader).

Le Congrès a adopté, d'autre part, deux vœux de la Section d'Océanographie, tendant à l'organisation méthodique d'une exploration physique et biologique de l'Océan Atlantique, d'un côté, et de la mer Méditerranée, de l'autre, travail qui présenterait un intérêt énorme au point de vue de la navigation, des pêches et de la météorologie. Deux Commissions internationales ont été désignées pour s'occuper de la question.

Enfin, le Congrès a nommé une Commission de sept membres, chargée d'étudier la question, fort discutée, de la transcription des noms géographiques et de présenter un Rapport au prochain Congrès.

Le Congrès a été précédé et suivi d'un certain nombre d'excursions scientifiques, au cours desquelles les délégués ont pu, sous la direction de savants suisses, étudier sur place, au point de vue géographique, géologique ou botanique, quelques-unes des régions les plus intéressantes des Alpes et des Préalpes suisses.

Ajoutons que le Gouvernement genevois et le Comité d'organisation ont offert aux congressistes une série de fêtes et de réceptions dont ils ont emporté le meilleur souvenir.

[1] Reichensperger : Die Drüsengebilde der Ophiuren (*Zeit. für wiss. Zoologie*, t. XCI, 1908, p. 304).

Digitized by Google

L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LA RADIO-ACTIVITÉ

DEUXIÈME PARTIE : LES TRANSFORMATIONS DES SUBSTANCES RADIO-ACTIVES

Dans la première partie de cet article [1], nous avons montré qu'on peut caractériser quatre séries de transformations radio-actives. On a vu que la filiation entre les différents termes de chaque série n'est pas un résultat d'interprétation théorique; c'est un fait expérimental parfaitement bien démontré dans la plupart des cas.

Dans la théorie actuelle de ces transformations qui a été développée par Rutherford et Soddy, et qui a pour point de départ l'hypothèse de transmutation atomique énoncée autrefois par Pierre Curie et Mme Curie, chaque terme représente un élément chimique distinct, qui ne se distingue des éléments chimiques ordinaires que par sa vie éphémère et par l'émission d'un rayonnement spécial. La disparition de l'atome radio-actif résulte de sa transformation en un autre atome. Le rayonnement spécial est une forme de l'énergie qui accompagne cette transformation. D'après cette théorie, l'étude de la radio-activité a déjà fait découvrir une vingtaine d'éléments nouveaux.

Cependant, si l'individualité chimique des têtes de série : uranium, thorium, radium, est parfaitement démontrée par la connaissance du poids atomique et d'un spectre caractéristique, et si, par analogie, on peut espérer que la même démonstration sera faite pour l'actinium, pour tous les autres termes, on a bien observé, comme nous l'avons vu, certains caractères d'ordre chimique ou physique qui permettent de les distinguer et de les séparer, comme on sépare les éléments chimiques ordinaires, mais on ne peut dire que ces caractères démontrent d'une manière bien évidente l'existence de nouveaux éléments chimiques. Et il ne serait pas absurde de supposer que les propriétés radio-actives observées sont dues à des centres particuliers d'énergie qui se fixent sur la matière ordinaire, comme les charges électriques ou électrons se fixent sur les atomes pour en modifier quelquefois profondément les propriétés [2], et qui subissent des transformations successives. En fait, jusqu'à présent, aucune démonstration directe n'a été donnée que l'une des transformations radio-actives précédemment signalées ait abouti à la disparition d'un atome, caractérisé par un spectre et un poids atomique, et à l'apparition d'un nouvel atome, caractérisé par un nouveau spectre et un nouveau poids atomique. C'est, d'ailleurs, une démonstration qui, même si la théorie est parfaitement exacte, sera très difficile à faire, car la quantité de matière transformée dans un intervalle de temps accessible aux expériences sera toujours très petite.

Il existe, cependant, un certain nombre de faits qui sont tout à fait en accord avec l'existence d'une transmutation atomique; et, si ces faits ne viennent pas vérifier directement le détail des transformations précédentes, ils peuvent être considérés comme une base expérimentale tout à fait solide de toutes les théories qui feront intervenir les transformations de l'atome dans les phénomènes de radio-activité.

I

Je parlerai d'abord des expériences qui montrent que les substances radio-actives produisent du gaz hélium d'une façon continue. La découverte de ce fait capital est due à MM. Ramsay et Soddy, qui l'ont observé avec les composés du radium.

M. Giesel avait découvert que les sels de radium décomposent l'eau en oxygène et hydrogène et qu'une solution de radium dégage le gaz tonnant d'une manière continue. MM. Ramsay et Soddy constatèrent dans leurs premières expériences que le gaz dégagé par la solution d'un sel de radium contient une petite quantité d'hélium. Ils ont également montré que l'hélium se produit aussi lorsqu'on sépare l'émanation du radium par condensation dans l'air liquide, et qu'on laisse cette émanation se détruire spontanément. La formation d'hélium par les sels de radium est tout à fait certaine. Elle a été constatée maintenant par un grand nombre d'expérimentateurs, en particulier par Pierre Curie et Dewar et aussi par moi-même.

Le dispositif expérimental qui m'a servi est un peu différent de celui de Ramsay. Il consiste à introduire les gaz dégagés d'une solution de radium dans un tube contenant différentes substances, qui absorbent l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les gaz carbonés et ne laissaient que les gaz de la famille de l'argon. Le résidu gazeux est ensuite refoulé à l'aide de mercure dans un tube capillaire très fin. Un dispositif particulier permet de partager le gaz en deux parties égales : une partie sert à l'examen spectroscopique, l'autre partie est comprimée à la pression atmosphérique et forme une

[1] Voir la *Revue* du 15 Septembre 1908, t. XIX, p. 691.

[2] Cas des solutions aqueuses où des molécules sont dissociées en ions.

Digitized by Google

petite bulle gazeuse dans un tube capillaire entre deux colonnes de mercure; on peut déterminer assez exactement le volume de cette bulle. Ce volume était de l'ordre d'un dixième de millimètre cube. L'examen spectroscopique m'a montré que le gaz hélium est très pur. J'ai pu pendant une année faire une série d'expériences sur la même solution de radium et constater que la production d'hélium est continue et proportionnelle au temps. J'ai montré également que les composés d'actinium manifestent la même propriété et produisent aussi de l'hélium d'une façon continue et en quantité proportionnelle au temps d'accumulation[1]. Ce fait a été confirmé récemment par M. Giesel.

En utilisant la propriété de l'émanation du radium de se condenser à la température de l'air liquide, Ramsay a pu obtenir cette émanation à un état très concentré. Il a indiqué qu'elle possède alors un spectre particulier, qu'elle suit les lois ordinaires de compression des gaz, et qu'elle donne lieu à la production de l'hélium. Enfin, il a constaté que le volume occupé par l'émanation diminue en fonction du temps. J'ai pu faire, il y a quelques années, quelques expériences à ce sujet, et, si je n'ai pu confirmer tous les résultats indiqués par Ramsay et ses collaborateurs, j'ai constaté cependant cette diminution de volume de l'émanation, qui, dans mes expériences, était à la pression atmosphérique. J'ai observé qu'au bout de quelques jours le volume était devenu très faible; il était réduit à environ 1/20 de sa valeur initiale. Je dois dire que les résultats des différentes expériences faites sur l'émanation ne sont pas très concordants; d'ailleurs, ces expériences sont extrêmement délicates et une étude plus approfondie est tout à fait nécessaire.

Le principal résultat de toutes ces expériences, c'est que le radium et l'actinium produisent de l'hélium d'une façon continue, et que la production de l'hélium est bien liée à la présence des substances actives. J'ai fait de nombreuses expériences témoins et je n'ai jamais constaté la formation de l'hélium hors de la présence de ces substances.

La formation de l'hélium ne peut être expliquée d'une manière raisonnable que par une transmutation atomique.

Un autre résultat très important est dû à Pierre Curie et Laborde : c'est la mesure de la quantité d'énergie mise en jeu dans les transformations radio-actives. Cette mesure a montré que l'énergie dégagée dans les phénomènes de radio-activité est énorme. Un gramme de radium en équilibre avec ses produits de transformation dégage plus de 100 calories par heure, soit environ 1.000.000 de calories en un an. Pendant ce temps, la fraction de radium transformée ne peut être que très petite. Nous verrons tout à l'heure qu'on peut calculer sur certaines bases, d'ailleurs tout à fait hypothétiques, la vie moyenne du radium; elle serait de 3.000 ans environ. Alors l'énergie totale de transformation de 1 gramme de radium serait de 3 milliards de calories, quantité équivalente à celle que dégage la combustion de plusieurs tonnes de charbon.

Le phénomène du dégagement de chaleur est très facile à constater lorsque l'on dispose d'une quantité suffisante de radium. On peut l'observer qualitativement de la manière suivante : On place deux vases de Dewar identiques dans une même enceinte à température uniforme; dans l'un des vases, on introduit une ampoule contenant du radium, dans l'autre une ampoule contenant un produit non actif; un thermomètre sensible est placé dans chaque vase. On peut alors constater qu'une différence de température s'établit entre les deux vases; celui qui contient le radium peut être à une température de quelques degrés plus élevée. Des mesures ont été faites au calorimètre et ont donné le résultat que j'ai indiqué plus haut. J'ai pu constater également, avec les sels d'actinium, un dégagement de chaleur suffisant pour obtenir une différence de quelques dixièmes de degré entre deux vases de Dewar, dans une expérience analogue à la précédente.

On a pu montrer que le dégagement d'énergie se produit dans toutes les transformations successives à partir du radium, et l'on a des raisons de penser qu'une partie importante de cette énergie est constituée par l'énergie cinétique des particules α.

Quelles que soient les théories sur la constitution de la matière, on doit considérer l'atome comme un état extrêmement stable, qui a résisté jusqu'à présent à toutes les actions extérieures; il est donc naturel de penser que la transformation d'un édifice aussi solide mettra en jeu une quantité d'énergie beaucoup plus grande que la transformation d'une molécule. La production d'une énorme quantité d'énergie dans le phénomène de radio-activité peut donc être considérée comme un argument très sérieux en faveur d'une transmutation atomique. Le fait que l'énergie produite est partagée entre les différents stades des transformations radio-actives est également un argument en faveur de l'existence des différents atomes intermédiaires.

L'idée d'une transformation atomique étant admise, il faut préciser la nature de cette transformation dans chacun des cas.

Une première condition est imposée par les lois de la transformation; celle-ci doit être mono-ato-

[1] La quantité d'hélium obtenue avec un de mes produits riche en actinium était égale à celle que produit environ 1 centigr. de bromure de radium pur.

Digitized by Google

mique[1], c'est-à-dire qu'elle doit porter sur un seul atome à la fois. Il en résulte que les nouveaux atomes produits ne peuvent avoir qu'une masse égale ou inférieure à la masse du premier; les lois ne sont pas changées lorsque le résultat de la transformation aboutit à plusieurs atomes nouveaux. Il est difficile d'imaginer que la transformation d'un atome dure un temps appréciable, et l'on considère généralement que la transformation d'un atome est instantanée et analogue à une explosion. Les différents atomes qui constituent une certaine masse de matière se transforment successivement avec une fréquence qui dépend de leur nature.

La production d'un rayonnement spécial, qui consiste surtout en une projection de particules de différentes espèces, est également bien en accord avec l'hypothèse d'une explosion.

Des hypothèses très précises ont été formulées par M. Rutherford sur la nature de la transformation. En premier lieu, lorsqu'un atome radio-actif se transforme, il ne produit qu'un seul nouvel atome radio-actif. Par exemple, 1 atome de radium donne 1 atome d'émanation, qui donne 1 atome de radium A, etc. Pour expliquer la formation de l'hélium, MM. Rutherford et Soddy ont supposé que les rayons α sont constitués par la projection d'atomes d'hélium chargés positivement. Pour faire concorder cette hypothèse avec la valeur de $\frac{e}{m}$ pour les rayons α, M. Rutherford a supposé que la charge e est double de la charge élémentaire qui intervient généralement dans les phénomènes électriques. Il a supposé également que, dans chaque transformation avec rayons α, il y a émission d'une seule particule α, c'est-à-dire d'un seul atome d'hélium par atome radio-actif transformé. Lorsque la transformation a lieu sans émission de rayons α, la masse de l'atome ne subit aucune variation dans la transformation. Il résulte de là que les différents termes d'une même série doivent avoir des poids atomiques très voisins.

Le poids atomique du radium étant 226,5, celui de l'émanation sera 222,5, celui du radium A 218,5, celui du radium B 214,5, celui du radium C 214,5, puisque le radium B n'émet pas de rayons α, celui du radium D 210,5, du radium E, 210,5, du radium F 210,5, et du dernier terme inconnu 206,5.

Ce dernier poids atomique, voisin de celui du plomb, a conduit M. Rutherford et M. Boltwood à supposer que le résultat de la transmutation du radium est le plomb. M. Boltwood a cherché à appuyer cette manière de voir par des considérations sur la teneur en plomb des minéraux radio-actifs; mais, d'après des recherches plus récentes, il semble que certains minéraux de radium ne contiennent pas de plomb. La formation du plomb à partir du radium est donc encore purement hypothétique.

Des essais de déterminations expérimentales des poids atomiques des émanations gazeuses sont en désaccord avec les nombres ci-dessus.

On sait que les coefficients de diffusion des gaz sont approximativement en raison inverse de la racine carrée de leurs poids moléculaires. La concentration d'une émanation étant très facile à déterminer d'une manière relative, il a été possible de déterminer les coefficients de diffusion des différentes émanations dans différents gaz.

Les mesures sont encore peu précises pour les émanations du thorium et du radium, mais les nombres conduisent à un poids moléculaire voisin de 100. Pour l'actinium, il m'a été possible d'obtenir une précision assez grande et j'ai trouvé un poids moléculaire de 70.

Si l'on suppose que les émanations sont des gaz mono-atomiques de la famille de l'argon, ce qui est conforme à ce fait qu'on n'a pu les faire entrer en combinaison, le poids moléculaire représente en même temps le poids atomique; on voit que ce nombre est au moins deux fois plus petit que celui qui est indiqué par la théorie ci-dessus[1]. Ces nombres, obtenus par les expériences de diffusion, ont une base purement expérimentale qui paraît sérieuse, et je pense qu'il y a plutôt lieu d'admettre que, dans la transformation de l'atome de radium, il y a formation de deux atomes d'émanation. Cela ne change rien à la loi de transformation. Il semble possible également que des phénomènes d'agglomération se produisent dans les autres termes de la série. Ces agglomérations pourraient ne pas avoir d'influence sur les lois des transformations radio-actives proprement dites.

Dans toutes les théories de transmutation atomique, on est amené à la conclusion que les substances actives disparaissent peu à peu avec le temps. C'est un phénomène qui doit donc se produire avec les têtes de séries : uranium, thorium, radium, actinium. Aucune disparition semblable n'a pu être constatée directement par l'expérience; cela montre, au moins, que c'est seulement une fraction très petite de la masse totale qui est transformée au bout de plusieurs années. On a cherché cependant à calculer d'une manière indirecte la loi de décroissance supposée et la durée moyenne de vie de ces substances actives. On a, pour cela, utilisé quelques-unes des hypothèses précédentes.

[1] Elle pourrait cependant avoir lieu entre deux atomes si la concentration de l'un restait toujours très grande et sensiblement constante.

[1] Si les émanations étaient diatomiques, les poids atomiques seraient encore deux fois plus petits.

Digitized by Google

Rutherford a basé un de ses calculs sur la grandeur de la charge positive expulsée sous forme de particules α.

En supposant qu'une seule particule α soit expulsée au moment de la disparition d'un atome de radium, en admettant pour cette particule une charge électrique égale à deux fois la charge élémentaire, et en déterminant expérimentalement la charge électrique expulsée en un temps donné pour une quantité connue de radium, on a les éléments suffisants pour calculer la proportion d'atomes qui disparaît par seconde et la durée moyenne de vie d'un atome de radium. Un calcul analogue, mais encore moins direct, a été fait pour l'uranium et le thorium.

D'autre part, Ramsay, dans différentes expériences, a obtenu de l'émanation à l'état très concentré, et il a mesuré le volume de l'émanation produite en un temps donné. En adoptant l'hypothèse qu'un atome d'émanation est produit par la disparition d'un atome du radium, on peut encore également calculer la durée moyenne de vie du radium. On pourrait aussi obtenir cette valeur en partant du volume d'hélium obtenu et en utilisant les hypothèses précédentes sur la formation de l'hélium.

Les nombres ainsi obtenus, basés sur des hypothèses non encore démontrées et sur des expériences très peu précises, varient dans d'assez grandes limites. La durée moyenne de vie du radium serait comprise entre 250 ans et 3.000 ans, celle de l'uranium serait de l'ordre de 5.10^9 années, celle du thorium de 10^{10} années.

II

On voit que, si tous les nombres obtenus pour le thorium et l'uranium sont extrêmement grands et sont comparables aux intervalles de temps considérés dans les transformations géologiques, la vie du radium, au contraire, est relativement courte; l'on ne pourrait comprendre son existence à la surface de la Terre si sa destruction n'était compensée par une production continue, et cette production ne peut se faire qu'aux dépens des substances qui l'accompagnent dans les minéraux. Le fait, mis en évidence dans les premières expériences de Mme Curie, que seuls sont radio-actifs, d'une manière sensible, les minéraux qui contiennent de l'uranium et du thorium, et le fait que le radium est extrait des minerais d'urane, conduisent immédiatement à supposer que c'est l'uranium qui produit le radium et que, dans les transformations radioactives, la série du radium fait suite à la série de l'uranium.

Un argument extrêmement important en faveur de cette manière de voir a été apporté par des recherches sur les minéraux radio-actifs. M. Boltwood a déterminé, dans un assez grand nombre de minéraux radio-actifs provenant de différentes localités d'Europe et d'Amérique, la proportion d'uranium, et en même temps il a mesuré l'ionisation produite au bout de trois heures, dans un récipient donné, par l'émanation dégagée par ces minéraux lors de leur dissolution dans un acide.

Comme, jusqu'à présent, l'émanation du radium est la seule émanation connue qui ait une durée de vie assez longue, il y a lieu de penser qu'elle subsiste seule dans les gaz extraits des minéraux quelques heures après l'extraction. On avait, d'autre part, déterminé l'ionisation produite dans le même récipient par l'émanation dégagée par une quantité connue de radium; il était donc facile d'en déduire la proportion de radium contenue dans les minéraux. En faisant différentes corrections pour tenir compte du dégagement de l'émanation par les minéraux avant leur attaque, M. Boltwood a trouvé que le rapport entre la quantité de radium et d'uranium est un nombre constant pour tous les minéraux d'uranium. Ce résultat est confirmé par des expériences de MM. Mac Coy et Eve, où l'on mesurait l'intensité du rayonnement des minéraux en tenant compte de certaines particularités du rayonnement du radium. Les méthodes de dosage du radium sont, comme on le voit, assez indirectes, mais la concordance des résultats est telle qu'il est difficile d'avoir des doutes sur la réalité de ce rapport constant entre le radium et l'uranium dans les minéraux[1].

Ce fait, qui indique par lui-même une liaison entre le radium et l'uranium, peut s'interpréter de la manière suivante :

Si le radium est produit par l'uranium, et si la destruction du radium est relativement rapide par rapport à celle de l'uranium, il est facile de voir que la quantité de radium en équilibre est directement proportionnelle à la quantité produite par l'uranium en un temps donné, c'est-à-dire à la quantité totale d'uranium. Il faut alors supposer que l'uranium a une loi de décroissance extrêmement lente pour pouvoir expliquer sa présence actuelle à la surface du globe. On a vu, en fait, que d'autres considérations ont conduit à une vie de 5.10^9 années.

Si la production du radium à partir de l'uranium était directe, le phénomène serait, d'après les données précédentes, suffisamment important pour pouvoir être constaté directement par l'expérience.

Différents essais ont été entrepris par M. Soddy;

[1] M. Danne a, cependant, montré que certaines pyromorphites, contenant de notables proportions de radium, ne contiennent pas d'uranium; mais cette anomalie peut facilement s'expliquer par une séparation chimique effectuée par l'action des eaux.

Digitized by Google

celui-ci, après avoir indiqué un résultat positif, mais beaucoup plus petit que celui qu'on prévoit par la théorie, est arrivé dans ses dernières expériences à un résultat si faible qu'il peut être dû aux erreurs expérimentales; en fait, jusqu'à présent, la formation du radium par l'uranium n'a pu être constatée expérimentalement d'une manière directe.

Pour expliquer ce résultat, et cependant garder au radium une durée de vie relativement courte conformément aux hypothèses de Rutherford, on peut imaginer que le radium n'est pas le produit direct de l'uranium. Si, en effet, il existe un terme intermédiaire ayant une durée de vie moyenne très longue, on ne pourra, à partir de l'uranium pur, constater la formation du radium que lorsqu'une quantité assez grande de ce produit intermédiaire aura été formée, puis détruite, et cela pourra expliquer le résultat négatif des expériences sur la formation directe du radium par l'uranium.

Des expériences récentes de MM. Rutherford et Boltwood vérifient cette supposition. J'avais indiqué, il y a longtemps, que les composés d'actinium dégagent toujours en très petite quantité une émanation à décroissance lente, que j'ai reconnue ensuite être l'émanation du radium; on pouvait donc songer à l'actinium comme la substance intermédiaire cherchée. C'est ce qu'ont pensé d'abord MM. Boltwood et Rutherford, qui ont constaté, de plus, une augmentation lente de la quantité d'émanation du radium dans certains échantillons d'actinium. Ils ont cependant reconnu que cette production d'émanation, qui implique vraisemblablement celle du radium, est due à une substance différente de l'actinium et accompagnant celui-ci en assez grande quantité dans les échantillons utilisés par MM. Rutherford et Boltwood. Cette nouvelle substance, préparée seulement à l'état peu concentré, a été désignée par M. Boltwood sous le nom d'ionium[1]. On voit donc, en résumé, que, si la production directe n'a pu être montrée expérimentalement, la filiation est extrêmement probable et le résultat négatif peut s'expliquer facilement.

D'après ces expériences, l'uranium et le radium formeraient bien une série unique; mais, jusqu'à présent, le thorium et l'actinium formeraient des séries séparées sans rapport entre elles ou avec les précédentes.

III

Les transformations radio-actives peuvent être accompagnées de différents phénomènes secondaires. Nous avons déjà vu que les rayons émis par les subtances radio-actives produisent des phénomènes d'ionisation, de phosphorescence et des actions photographiques. Des actions chimiques ont été également constatées. La première action qui ait été observée est la transformation de l'oxygène en ozone sous l'influence de l'émanation du radium (Pierre Curie et Mme Curie). Sous l'influence du rayonnement du radium, on a pu obtenir la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge, le dégagement d'iode de l'acide iodique, etc.

L'action chimique la plus remarquable est la décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène; elle a été observée d'abord par M. Giesel avec les solutions du radium : avec une solution contenant 1 décigramme de bromure de radium, on peut voir parfaitement les petites bulles gazeuses se dégager d'une façon continue au sein de la solution. M. Ramsay, dans des expériences récentes, a obtenu la même décomposition simplement sous l'influence de l'émanation du radium; il a constaté également que la quantité d'oxygène obtenue est plus petite que celle qu'exige la formule $H^2 + O$. J'ai observé que les solutions d'actinium présentent le même phénomène et que le dégagement de gaz d'une solution est absolument régulier et proportionnel au temps. Dans des expériences récentes, qui n'ont pas encore été publiées, j'ai trouvé que la décomposition de l'eau se produit simplement sous l'influence des rayons pénétrants du radium. C'est là un résultat assez intéressant, car c'est, je crois, la première fois qu'une pareille réaction peut être obtenue sous l'influence d'une radiation.

Les rayons des substances radio-actives et particulièrement ceux du radium ont la propriété de colorer un certain nombre de substances : le verre, la porcelaine, les sels alcalins, le platinocyanure de baryum, les fluorines, le quartz, le diamant, etc. Ces colorations, qui peuvent être très intenses, paraissent être les mêmes que celles qu'on peut obtenir avec les rayons cathodiques. Un assez grand nombre d'hypothèses ont été faites sur la nature de ces colorations, mais cette question est encore très peu connue. On a pu obtenir par l'action des rayons cathodiques sur le sel marin la formation de sodium métallique inclus dans la masse et que l'on pouvait séparer par distillation; on en a déduit que les colorations pourraient être dues à la présence de particules métalliques. Cependant, je pense que ces colorations ne sont pas constituées généralement par des particules métalliques, et qu'il doit exister un premier stade de réaction analogue à celui qui est observé avec les sels d'argent sur la plaque photographique, avant la réduction à l'état d'argent métallique.

J'ai indiqué une théorie où ces phénomènes de coloration sont reliés aux phénomènes de phospho-

[1] La proportion d'émanation du radium dégagée dans mes échantillons d'actinium est beaucoup plus petite que la proportion observée par M. Rutherford dans un échantillon provenant de M. Giesel.

Digitized by Google

rescence et de thermoluminescence; on peut d'ailleurs observer que la présence de très petites quantités d'impuretés a une influence marquée sur la nature de la coloration, et cela est à rapprocher de l'influence des impuretés sur les phénomènes de phosphorescence.

Les actions chimiques sous l'influence des transformations radio-actives ont été très peu étudiées, mais il paraît très probable qu'elles se produisent dans un très grand nombre de cas, soit par action des rayons, soit par action des centres de radio-activité. Mme Curie, qui a montré, il y a quelque temps, que des phénomènes de condensation des vapeurs se produisent en présence de l'émanation, a pu observer que ces phénomènes sont accompagnés de réactions chimiques. Il est probable que les substances radio-actives sont des agents très énergiques pour produire des réactions chimiques, mais la petite quantité dont on dispose rend cette étude difficile.

Des expériences récentes de MM. Ramsay et Cameron tendent à prouver que des actions beaucoup plus énergiques peuvent être obtenues à l'aide des substances radio-actives. Les savants anglais ont, en effet, annoncé que, sous l'influence de l'émanation du radium, des éléments ordinaires peuvent être dissociés et transformés en d'autres éléments. Les expériences sont les suivantes : Si l'on fait agir de fortes quantités d'émanation du radium sur de l'eau distillée, on obtient, à côté de l'oxygène et de l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau, une petite quantité de néon au lieu de l'hélium qui a été obtenu dans des expériences antérieures avec de l'émanation sèche. Si l'on fait agir cette émanation sur une solution d'un sel de cuivre, le gaz obtenu serait de l'argon; de plus, dans la solution, après la séparation du cuivre, on constate la présence d'une quantité notable de sels de sodium et potassium et d'une petite quantité de sels de lithium. Dans des expériences de contrôle faites sans émanation ou sans sels de cuivre, on n'obtenait pas une quantité aussi grande d'alcalins et on n'observait pas la présence de lithium.

M. Ramsay conclut de ces expériences que le cuivre a subi une désintégration sous l'influence de l'émanation et que le potassium, le sodium, le lithium sont les produits de cette désintégration.

Les résultats annoncés sont trop importants pour qu'on puisse les accepter sans une démonstration expérimentale rigoureuse, et il est utile de remarquer qu'une pareille démonstration est extrêmement difficile dans le cas présent. Ces expériences comportent, en effet, une incertitude beaucoup plus grande que celles qui montrent la formation de l'hélium par le radium. En effet, l'élément hélium n'existe pour ainsi dire pas dans l'air et dans les matières qui peuvent intervenir dans les expériences. Dans un grand nombre d'expériences témoins faites en l'absence du radium, dans différentes conditions, je n'ai jamais observé la présence de l'hélium. Le spectre si brillant et si caractéristique de cet élément rend encore plus facile la certitude de sa formation; enfin, dans mes expériences, j'ai pu constater une proportionnalité assez exacte entre la durée d'action du radium et la quantité d'hélium obtenue. En fait, des expériences assez nombreuses sont venues confirmer la découverte de MM. Ramsay et Soddy, et M. Giesel a confirmé récemment mes expériences sur la formation de l'hélium par l'actinium.

Au contraire, dans les expériences récentes de MM. Ramsay et Cameron, les éléments qui ont été obtenus sous l'influence de l'émanation du radium font partie de ceux qui peuvent avoir été introduits accidentellement au cours des différentes manipulations. Le néon et surtout l'argon sont contenus en proportion notable dans l'air, et une trace d'air laissée dans les appareils doit se révéler à la fin de l'expérience par la présence de ces gaz; car l'oxygène est absorbé dans les manipulations, et l'azote, en se combinant à l'oxygène sous l'influence de l'émanation, peut également se trouver naturellement éliminé. Dans les expériences témoins que j'ai faites autrefois, l'argon restait toujours en petite quantité (cette quantité est, d'ailleurs, beaucoup plus petite que la quantité d'hélium formée par le radium ou l'actinium).

Dans les expériences avec les sels de cuivre, la présence du sodium et du potassium peut être due, comme l'indique M. Ramsay lui-même, à l'attaque des appareils de verre qui ont servi dans les expériences; mais nous avons vu que la proportion de ces éléments est notablement plus grande que dans les expériences témoins, faites soit avec l'émanation seule, soit avec le sel de cuivre seul. Il n'est pas impossible d'imaginer que la présence simultanée de l'émanation, avec tous les rayonnements qui accompagnent sa destruction, et qui peuvent produire une pulvérisation du verre, et des solutions acides des sels de cuivre, soit particulièrement favorable à l'attaque du verre des récipients.

La production du lithium semble, au premier examen, beaucoup plus facile à démontrer. Cependant, la quantité obtenue est beaucoup plus petite que celle des composés de sodium et potassium : environ 1/10.000, d'après les données de MM. Ramsay et Cameron, et l'objection de l'attaque du verre subsiste encore, car, si une proportion notable de lithium dans le verre n'a pas été observée par l'analyse, l'existence d'une proportion de 1/10.000 de lithium dans les alcalis du verre ne paraît pas exclue; on sait que le lithium est très répandu

Digitized by Google

dans la Nature, notamment dans les matières qui peuvent servir à la préparation du verre. Enfin, fait assez inattendu, le lithium est une impureté constante des sels de cuivre, et M. Ramsay n'est arrivé à obtenir un sel de cuivre lui paraissant exempt de lithium qu'avec les plus grandes difficultés.

La formation du lithium a suscité quelques recherches sur les minéraux radio-actifs. M. Mac Coy, en Amérique, et Mlle Gleditsch, en France, au laboratoire de Mme Curie, ont trouvé d'une manière indépendante que les minéraux radio-actifs contiennent tous une petite quantité de lithium, et ce résultat semble d'abord un argument en faveur des résultats indiqués par M. Ramsay. Mais Mlle Gleditsch, ayant dosé le lithium et aussi le cuivre dans les minéraux actifs, a constaté que la quantité de lithium est très petite, et qu'elle n'a aucun rapport ni avec la radio-activité, ni avec la teneur en cuivre. En particulier, le minéral qui paraissait remplir les meilleures conditions pour la formation du lithium, la chalcolite, phosphate d'urane et de cuivre, qui est fortement radio-actif et contient la plus forte proportion de cuivre, est en même temps celui qui contient la plus petite proportion de lithium. Et même on peut attribuer la présence de ce lithium à cette circonstance que le minéral pouvait contenir une petite quantité de gangue, car celle-ci contient du lithium en notable proportion. Comme l'a fait remarquer M. Ramsay, ce résultat ne peut constituer un argument absolument contraire à la formation du lithium, car celle-ci peut dépendre de circonstances extérieures non réalisées dans la chalcolite. Cependant, étant donné que les transformations radio-actives se montrent absolument insensibles aux conditions extérieures, on ne peut imaginer quelle est la circonstance qui a empêché la formation du lithium dans la chalcolite. Le résultat des recherches sur les minéraux est donc plutôt défavorable à l'idée d'une transformation du cuivre en lithium sous l'influence de l'émanation.

En résumé, malgré la notoriété scientifique de M. Ramsay et la confiance qu'on peut avoir dans sa très grande habileté d'expérimentateur, malgré sa belle découverte de la formation de l'hélium qui s'est trouvée pleinement confirmée, je crois qu'on doit attendre de nouvelles recherches pour avoir une opinion définitive sur les nouveaux résultats annoncés.

Il est à peine besoin de remarquer que, si ces résultats se trouvent confirmés, ils auraient une importance capitale pour le développement de la science chimique en général et des recherches en radio-activité.

Ces transmutations nouvelles sont, en effet, tout à fait différentes de celles qui sont supposées dans les transformations radio-actives et aussi de la production de l'hélium telle qu'elle est expliquée dans la théorie actuelle. En effet, les transformations radio-actives se produisent spontanément, sans que nous puissions, par un moyen quelconque, ni les faire naître, ni les arrêter, ni même avoir une influence quelconque sur la vitesse de leur production; nous assistons en spectateurs impuissants à cette évolution des éléments sans avoir aucun moyen d'action pour la modifier. Au contraire, dans les nouvelles expériences de Ramsay, les transmutations ont été provoquées artificiellement par la mise en présence des éléments, émanation et cuivre, susceptibles de réagir, exactement comme pour n'importe quelle réaction chimique. C'est là un progrès considérable et je souhaite bien vivement qu'il soit véritablement réalisé.

Il est probable aussi que les théories actuelles de la radio-activité devraient subir quelques modifications, car, si l'émanation du radium provoque sur les corps qui l'accompagnent des transmutations atomiques, on peut penser que ces corps peuvent intervenir dans les transformations radio-actives et, par exemple, que l'hélium ne provient pas des atomes radio-actifs, mais des corps qui peuvent les accompagner.

IV

Les substances radio-actives ont été découvertes dans certains minéraux spéciaux, et les premières recherches ont montré que seuls sont notablement actifs les minéraux contenant du thorium et de l'uranium. Depuis ces recherches, on a employé des appareils extrêmement sensibles et l'on a pu déceler la présence de substances actives dans un très grand nombre de matières.

Un des résultats les plus intéressants est celui qui a été obtenu avec les eaux minérales et les boues médicamenteuses. Des recherches très étendues de Pierre Curie et M. Laborde ont montré que la plupart des eaux minérales contiennent soit de petites quantités de radium, soit de l'émanation du radium. La proportion d'émanation, pour certaines eaux, est assez considérable et l'on pense que certaines propriétés curatives peuvent résulter de la présence de cette émanation. Les recherches de M. Moureu ont montré la présence, dans ces eaux, de l'hélium, du néon et de l'argon qui accompagnent ainsi constamment l'émanation.

La présence de cette émanation a été également constatée en quantités mesurables dans l'atmosphère et dans l'eau de la mer. M. Strutt a pu mettre en évidence la présence du radium dans la plupart des minéraux; il a effectué des dosages, et a pu déterminer approximativement la quantité de radium présente à la surface du globe. Le résultat

Digitized by Google

obtenu conduit à des conclusions intéressantes.

Les expériences de Pierre Curie ayant montré que les transformations radio-actives sont des sources d'énergie importantes, on a cherché si la présence des substances actives peut expliquer la production de l'énergie dans l'Univers. On a trouvé que toute l'énergie émise par un astre comme le Soleil peut être expliquée par la présence d'une quantité relativement petite de radium, environ 1 gramme par mètre cube.

Comme les dosages de M. Strutt permettent d'avoir une idée approximative de la quantité de radium contenue à la surface de la Terre, on peut chercher si le dégagement de chaleur correspondant est appréciable. On arrive au résultat suivant :

On sait qu'à partir d'une certaine profondeur au-dessous de la surface de la terre, la température s'élève régulièrement, et on a pu déterminer ce qu'on appelle le gradient de température, c'est-à-dire la variation de température par unité de longueur. L'existence d'une pareille chute de température de l'intérieur de la croûte terrestre vers l'extérieur a pour résultat un transport continu de chaleur qui peut être calculé en connaissant le gradient de température et la conductibilité calorifique moyenne de la croûte terrestre. Cette chaleur est continuellement fournie par l'intérieur du globe terrestre, et l'on avait été conduit à admettre un refroidissement progressif de la Terre. Or, non seulement le dégagement de chaleur résultant de la présence du radium peut compenser cette perte de chaleur, mais, si l'on suppose que toute la masse terrestre contient la même proportion de radium, la température doit s'élever au lieu de diminuer. Cette élévation de température serait très lente et tout à fait insensible.

La considération des phénomènes de radio-activité peut avoir une importance assez grande dans d'autres problèmes de la Géologie. En effet, lorsque nous pourrons connaître avec quelque certitude la durée moyenne de vie d'éléments tels que l'uranium et le thorium, on pourra avoir une idée de l'âge des minéraux qui les contiennent. Cet âge des minéraux peut, d'ailleurs, être aussi calculé approximativement par une autre voie, en déterminant la quantité d'hélium qu'ils contiennent et en supposant que cet hélium est resté occlus dans la masse. Comme on croit connaître approximativement la loi de production de l'hélium, on peut en déduire l'âge du minéral. Les nombres ainsi obtenus pour les minéraux radio-actifs (quelques centaines de millions d'années) sont tout à fait du même ordre de grandeur que ceux qui ont été obtenus par les géologues par d'autres considérations.

Des recherches ont été également effectuées pour savoir si la propriété radio-active est limitée aux quelques éléments que nous connaissons et si elle n'est pas une propriété générale de la matière. Un pareil résultat n'a rien d'invraisemblable, car nous connaissons des substances ayant des activités très différentes; par exemple, le radium est plusieurs millions de fois plus actif que l'uranium, et il est évident que, si des corps sont seulement un million de fois moins actifs que l'uranium, nos moyens de recherches ne nous permettront pas de le constater. Les recherches effectuées dans cette direction ont montré qu'il doit exister un rayonnement pénétrant très faible traversant l'espace, et aussi que certaines substances ordinaires paraissent avoir une radio-activité propre. Le plomb et le potassium donnent des résultats nettement positifs, mais il est difficile de savoir si la radio-activité constatée est due à ces éléments eux-mêmes ou à des impuretés radio-actives.

V

Je terminerai cette étude en attirant l'attention sur un côté très spécial des phénomènes de radio-activité; c'est la régularité et la constance absolue des lois de variation des transformations radio-actives. Ces lois sont, il est vrai, identiques à celles qui sont observées dans les transformations chimiques analogues, mais elles semblent absolument indépendantes des conditions extérieures. Cela peut provenir de la nature atomique des transformations; cependant, on éprouve quelque difficulté à imaginer le mécanisme du phénomène.

Dans les transformations chimiques moléculaires, on peut expliquer la transformation progressive de la matière par le fait que toutes les molécules ne sont pas dans le même état, soit par suite des chocs avec les molécules voisines, soit par suite des mouvements à l'intérieur de la molécule; une molécule ne subit la transformation considérée, qui est alors instantanée, qu'au moment où, par suite de ces différents mouvements, elle passe par un état déterminé; la loi progressive de transformation est une espèce de loi de hasard, qui est régulière tant que le nombre de molécules est toujours très grand et que les conditions extérieures restent les mêmes; une même proportion de molécules passe par l'état considéré pendant un intervalle de temps donné et subit la transformation chimique. Pour les transformations radio-actives, l'expérience montre que les conditions extérieures de température, etc., n'ont aucune influence, pas même l'état de combinaison; les chocs entre les atomes ne peuvent donc avoir aucune influence sur leur état particulier au point de vue radio-actif. Il ne reste que les états de mouvement à l'intérieur

Digitized by Google

de l'atome qui peuvent intervenir. Mais considérons, par exemple, une certaine quantité de radium C; on pourrait penser qu'au moment où il se transforme chaque atome passe par le même état; cela est même en accord avec le fait que, lorsqu'il y a projection d'une particule α, chaque particule est émise avec la même vitesse initiale. Au bout de trois heures, la presque totalité du radium C est ainsi transformée en radium D. Parmi tous les atomes de radium D qui partent ainsi du même état, sensiblement à la même époque, et qui, d'autre part, ne sont aucunement influencés par les actions extérieures : pression, température, état de combinaison, etc., les uns vont se transformer immédiatement en radium E; d'autres pourront attendre plusieurs centaines d'années avant de se transformer. Il y a dans cette conception des transformations radio-actives quelque chose de peu compréhensible. Peut-être arriverait-on à une explication meilleure en supposant que la transformation n'est pas absolument spontanée, et qu'il existe une cause extérieure à l'évolution des éléments; mais une pareille cause est difficile à imaginer.

Enfin, il n'est pas impossible que les conditions extérieures influent un peu sur les lois de l'évolution; les expériences qui ont été tentées jusqu'à présent ont donné un résultat négatif, mais elles sont encore peu nombreuses, et l'on ne peut affirmer qu'on ne réussira pas quelque jour à exercer une influence sur la production des transformations radio-actives[1].

A. Debierne,
Chef de Travaux de Physique
à la Faculté des Sciences de Paris.

LES GRANDES TRANSMISSIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

La question du transport de l'énergie à très grande distance par l'électricité est plus que jamais à l'ordre du jour. Au moment où se termine l'Exposition de Marseille, au moment où les projets de transmission des forces motrices du Rhône à Paris et des chutes du Zambèze au Transvaal s'imposent avec insistance à la discussion, il nous paraît intéressant de résumer les pratiques courantes actuelles en matière de transports électriques, en insistant sur la technique d'installations dont les lecteurs de la *Revue* connaissent déjà l'organisation économique.

I. — Alimentation des lignes.

Une transmission à grande distance a toujours pour but l'utilisation de grandes quantités d'énergie concentrées par la Nature, soit en une chute d'eau, soit en une houillère riche, mais dénuée de moyens économiques de transport du charbon au lieu de consommation.

Le plus souvent, ce sont les chutes d'eau qu'on utilise. Mais il n'est pas trop hardi de penser que nombre de houillères coloniales ou continentales pourront trouver par la transmission électique d'avantageux débouchés. Actuellement, on étudie un projet destiné à concurrencer l'adduction éventuelle des forces motrices du Rhône à Paris, et dans lequel on envisage, pour la production de l'énergie électrique destinée à la capitale, la consommation sur place, dans les houillères du Nord, des charbons médiocres ne valant pas le transport.

Mieux encore, on peut avoir recours non à des forces naturelles, mais à des déchets d'industries humaines : il est certain que les gaz des hauts fourneaux de l'Est fourniront d'ici quelques années la lumière et l'énergie à nos départements de la frontière.

Bref, quelle que soit l'origine de l'énergie à transformer, celle-ci est traitée dans des usines centrales, points de départ des grandes lignes dont nous voulons parler. L'organisation des centrales est un sujet trop spécial et trop vaste pour être traité ici. Nous exposerons seulement les conditions de la *transmission de l'énergie électrique* produite dans l'usine centrale.

La pratique actuelle des transmissions d'énergie électrique résulte, comme presque toutes les pratiques industrielles, de considérations techniques et de raisons économiques. En particulier, l'emploi des très hautes tensions est dû au souci constant d'abaisser le prix de revient des installations en diminuant le poids du cuivre destiné aux lignes, même au prix de complications pénibles, et en augmentant autant que possible le rendement d'une ligne donnée.

Soit, en effet, une ligne de résistance R destinée à transmettre une énergie W sous deux voltages différents E et E'. Les intensités correspondantes étant I et I', on a : $W = EI = E'I'$. Mais la perte en chaleur Joule dans la ligne est $RI^2 = p$.

Si l'on veut, à p constant, diminuer le poids, donc

[1] Conférence faite devant la Société chimique de France, le 4 avril 1908.

Digitized by Google

la section de la ligne, c'est-à-dire augmenter R, il faut diminuer I, donc augmenter la tension. Si l'on voulait de plus diminuer encore p, il faudrait diminuer encore I, c'est-à-dire augmenter encore la tension. Si, par exemple, $E' = 2$ E, on peut employer en ligne quatre fois moins de cuivre à rendements de ligne égaux.

Seules, les hautes tensions ont rendu possibles les transports puissants à très grandes distances, en permettant de *recueillir*, *au bout d'une ligne de faible section*, *une fraction importante de l'énergie produite*, et cela sous un voltage final admissible.

Les très hautes tensions étaient inusitées en Europe jusqu'à ces dernières années; c'est l'exemple de l'Amérique, heureusement sanctionné par une pratique de plus de dix ans (ligne à 40.000 volts dans l'Utah en 1894), qui a déterminé les ingénieurs européens à en affronter le maniement. L'absence de contrôle administratif, la densité de population minime des grands territoires américains, la liberté d'allure des industriels yankees, et la nécessité où ils étaient de fournir des torrents d'énergie à des villes nouvelles ou en voie de rapide et colossale expansion, sont pour beaucoup dans l'audace des ingénieurs américains.

Le développement des transports d'énergie électrique aux Etats-Unis et au Mexique est extraordinaire. La tension de 60.000 volts y est courante; on cite une installation marchant à 72.000 volts (Grand Rapid Muskegon C°, 148 kilomètres), et l'on espère arriver couramment à 100.000 volts. Une seule compagnie, la « California Gas and Electric Corporation », possède 1.100 kilomètres de lignes à 50.000 volts et 110 kilomètres de lignes à 40.000 volts, et l'on y comptait, à la fin de 1907, plus de vingt installations marchant à 50.000 volts et au-dessus, parmi lesquelles l'une d'elles (Sabla à San-Francisco) mesure 370 kilomètres.

Par contre, en Europe, la plus haute tension employée il y a quatre ans était celle de 40.000 volts (Invernglass, 33 kilomètres. Scotch Water Syndicate). On commence, cependant, à envisager de plus puissantes transmissions : celle de Moutiers à Lyon est à 60.000 volts et mesure 160 kilomètres; on propose 120.000 volts entre fils pour les forces motrices du Rhône, et M. Thury, qui est seul à ne pas reculer devant la mise en série d'une centaine de collecteurs, a étudié pour la ville de Milan un projet à 150.000 volts (continu série), en concurrence avec un projet triphasé à 60.000 volts. Enfin, en France, le beau réseau du « Littoral Méditerranéen » manie couramment la tension de 45.000 volts et l'on y a réalisé de longs et puissants transports avec un plein succès.

Nous verrons plus loin combien de précautions exigent ces hautes tensions, combien de dangers inconnus l'exploitation a mis en évidence, dangers que l'on ne sait que depuis peu conjurer, et nous n'en aurons que plus d'estime pour les audacieux pionniers d'Amérique.

1. *Fixation de la tension.* — Il n'existe pas de règle rigoureuse pour la détermination du voltage d'un transport d'énergie. On a proposé 1.000 volts par mille anglais (1 kilom. 6) jusqu'à 60.000 volts, qui conviendraient pour toutes distances supérieures à 90 kilomètres, jusqu'à confirmation par la pratique de la réelle possibilité en service de tensions plus fortes.

On ne peut pas, en effet, conclure d'une expérience brève la valeur industrielle d'une tension élevée : il faut examiner et peser une longue série d'épreuves et d'incidents de toutes sortes pour que l'on puisse affronter l'exigeante régularité d'un service industriel avec une tension plus élevée. Aussi les progrès dans l'emploi des très hautes tensions seront-ils de plus en plus lents, à cause des risques grandissants qu'elles entraînent pour les installations qui les essaient.

2. *Forme du courant.* — De façon absolument générale, on n'emploie plus aujourd'hui pour les grands transports que le courant *continu* ou le courant *alternatif triphasé*.

Le mode d'emploi du courant continu est le système série, auquel M. Thury a donné son nom et un grand développement industriel: des dynamos génératrices série, donnant au plus 4.000 volts (et bientôt 6.000 volts) par collecteur, sont embrochées en série sur le circuit de transmission, dans lequel elles maintiennent la circulation d'un courant d'*intensité constante*; selon la demande d'énergie, les régulateurs des moteurs font tourner ces dynamos plus ou moins vite : leurs forces électromotrices, fonctions de cette vitesse de rotation, s'ajoutent en série et le produit constant des ampères débités par la différence variable de potentiel entre les deux fils de ligne au départ donne à chaque instant, en watts, la demande d'énergie du réseau.

Ainsi donc, à l'inverse des installations ordinaires à potentiel constant, dans le système Thury, le travail d'une machine se mesure non par les ampères qu'elle débite, mais par les volts qu'elle ajoute au réseau. Et l'on conçoit fort bien le fonctionnement de cette génératrice en remarquant que, son champ inducteur restant constant, elle a par tour une force électromotrice constante, et que, par suite, elle doit tourner plus ou moins vite selon que le réseau lui demande plus ou moins d'énergie ($W = EI = KE = K'\omega$). Les machines réceptrices destinées à la transformation du courant à haute

Digitized by Google

tension ainsi produit sont, de même, des dynamos-série embrochées sur le circuit.

Le courant triphasé à haute tension est, au contraire, produit par des alternateurs de 4 à 5.000 volts, alimentant des transformateurs élévateurs de tension, appareils immobiles par excellence. La transformation inverse de réception se fait également par des transformateurs abaisseurs, alimentant les réseaux d'utilisation.

Au point de vue *transmission* pure, le premier de ces deux systèmes a de nombreux avantages. Mais, comme une transmission d'énergie est toujours précédée d'une génération, et suivie d'une réception, on a souvent préféré au système Thury la solution triphasée, qui répond mieux à l'ensemble du problème économique que constitue un transport d'énergie.

Les avantages capitaux de la transmission série sont les suivants :

1° La ligne n'est à pleine tension que pour la pleine charge ;

2° Le retour par la terre est possible ;

3° Il y a économie de ligne sur tous les autres systèmes.

Le premier avantage résulte de ce que l'on a vu précédemment, le régime régulier s'obtenant par variation des forces électromotrices, vu la constance de l'intensité du courant.

Le second est très précieux pour une installation industrielle, quoiqu'il ne soit pas encore admis par les règlements administratifs français. Cette faculté de pouvoir remplacer par la terre un fil de ligne avarié dispense d'établir un fil de secours et donne à la ligne une sécurité considérable : à cet effet, la ligne est séparée en plusieurs sections par des postes de mise à la terre, qui permettent d'effectuer immédiatement l'opération, dès que l'avarie est signalée. Naturellement, cette éventualité exige que l'on calcule l'isolement à la terre pour la plus haute différence de potentiel possible entre fils.

On peut envisager autrement cette faculté, et dire qu'ayant établi la ligne avec deux fils, on les emploie tous deux à la transmission, en parallèle sur un seul pôle, la terre servant de conducteur commun de retour, afin de réaliser une économie dans la transmission, quitte à n'en plus employer qu'un, en cas d'avarie à l'autre, avec perte en ligne plus forte.

Enfin, l'emploi de deux fils de ligne seulement rend l'établissement de l'installation avantageux, et l'on n'a pas à compter avec les phénomènes de self-induction ni de capacité de ligne comme dans le cas des courants alternatifs.

Ajoutons que la sécurité peut être rendue très grande par la transmission en boucle, qui sépare les deux fils de ligne et leur fait suivre à chacun un trajet différent (ceci ne peut être avantageux qu'en cas de ligne multiple, à cause de la dépense double de poteaux et d'isolateurs), et qu'il n'y a pas à craindre de surtensions d'harmoniques, ni de phénomènes de capacité ou d'hystérésis diélectrique dans les isolateurs.

On reproche, à juste titre, à ce système : 1° l'entretien perpétuel d'une perte constante RI^2, due à la circulation de l'intensité constante du courant; 2° de grandes difficultés de production, car la génération directe, *par addition*, de tensions de l'ordre de 60.000 volts est une source constante d'avaries et d'incidents fâcheux pour l'exploitant; 3° la nécessité d'employer des machines spéciales très soigneusement isolées; 4° la cascade de collecteurs qui caractérise le système et, enfin et surtout, la transformation très coûteuse à l'arrivée par machines tournantes, par groupes moteurs-générateurs.

En outre, la surveillance et la régulation sont minutieuses à cause du grand nombre d'appareils automatiques indispensables ; on peut toujours craindre des phénomènes d'électrolyse par suite des pertes en ligne, surtout avec le retour par la terre, et, enfin, la rupture accidentelle de la ligne causerait une véritable explosion électrique, par suite de la self considérable du circuit total, sur lequel sont embrochés en série tant d'enroulements.

En faveur du courant triphasé milite sa grande facilité de production et de transformation : des alternateurs ordinaires, disposés en parallèle dans une usine normale, travaillent sur des transformateurs soigneusement abrités de toute approche irréfléchie. On localise ainsi dans l'usine la très haute tension, au lieu de lui faire traverser toute la centrale. La haute tension est obtenue ici *par multiplication*. Par contre, trois fils sont nécessaires, dont le point neutre est à la terre; les phénomènes de self et de capacité en ligne et les surtensions doivent être étudiés soigneusement et prévus, non seulement lors de la construction de la ligne, mais encore à toute extension ou modification. Enfin, le courant de charge de la ligne, considérée comme condensateur, absorbe une quantité d'énergie déwattée qui peut devenir considérable, si la ligne est longue et la fréquence élevée : aussi, on tend de plus en plus à employer pour les transports d'énergie les fréquences 25 et 15, quitte à les transformer à la réception si l'on a à fournir de l'éclairage.

En un mot, l'emploi du courant triphasé est peut-être moins élégant que celui du courant continu série. Mais, malgré la perfection à laquelle on est arrivé dans le maniement de ce dernier, on montera beaucoup plus d'installations en triphasé

Digitized by Google

qu'en continu, parce que le courant triphasé est accessible à tous, et n'est le monopole ni d'un ingénieur, ni d'un constructeur.

La seule revanche possible du système série serait pour les très grands transports, à cause des phénomènes de résonance qui viennent troubler les lignes alternatives, dès que leur longueur devient considérable, comme nous le verrons plus loin. C'est ainsi que le projet du Zambèze au Rand n'a pu être envisagé qu'en continu série. Mais la grande longueur des lignes introduit aussi malheureusement des arguments économiques qui limiteront longtemps la portée des moyens d'action qu'a su réaliser l'ingénieur.

II. — Etablissement des lignes.

La ligne de transmission d'un transport d'énergie doit être établie aussi économiquement que possible, dans des conditions rigoureuses d'isolement et de sécurité. On ne doit pas perdre de vue que la ligne est l'artère vitale de la transmission, et que ses moindres lésions ont leur répercussion sur le rendement ou le fonctionnement même du transport.

Les consommateurs, d'ailleurs, le sentent si bien que beaucoup d'entre eux refusent de mettre leurs entreprises à la merci de quelques câbles, de sorte que la construction, au lieu même d'utilisation de l'énergie, d'une usine de secours *aussi puissante* que la transmission s'impose souvent, et grève considérablement l'exploitation.

C'est là, d'ailleurs, un gros obstacle au développement des très grands transports, dans un pays comme la France, qui a du charbon, des canaux et des chemins de fer, et peu de chutes très puissantes : le fait d'avoir à organiser la force hydraulique, à construire une ligne longue et coûteuse et une usine de secours, peut rendre une affaire trop peu rémunératrice pour qu'elle intéresse les capitaux libres, tandis que les Américains ont eu la part belle, en trouvant des forces naturelles considérables dans les Montagnes Rocheuses ou au Niagara par exemple, et en ne rencontrant pas la concurrence du charbon. C'est encore la différence de prix entre le cheval thermique et le cheval électrique qui explique l'énorme développement des transports d'énergie en Suisse, où il y a beaucoup de chutes, et en Italie du Nord, où il n'y a pas de charbon, mais où l'utilisation rationnelle des torrents alpins fournira avantageusement des millions de poncelets.

Les lignes sont toujours aériennes : elles ne sont souterraines que dans des cas très particuliers, traversées de faubourgs, de bras de mer, par exemple. D'ailleurs, les câbles souterrains ne sont pas utilisés pratiquement au-dessus de 30.000 volts, et, le plus souvent, on se limite à 12 ou 15.000 volts. Le raccord des câbles et de la ligne ne se fait donc, en général, qu'après la transformation de réception.

On cite un exemple de transmission sous-marine : trois câbles armés à 13.000 volts traversent le lac de Garde pour conduire un courant triphasé du Ponale à Rovereto. La ligne de Moutiers à Lyon se raccorde à 4 kilomètres de câbles pour la traversée du faubourg d'Alsace. Le réseau méditerranéen a aussi à Nice une transmission mixte à 11.000 volts. Mais ce sont là des cas très particuliers, et qui appartiennent plutôt à la distribution qu'à la transmission.

Nous allons donc examiner successivement les divers éléments d'une ligne aérienne à très haute tension; une telle ligne comprend les *conducteurs du courant* et leurs *supports*, dédoublés en organes électriques d'isolement ou *isolateurs*, et en organes mécaniques de sustentation et de stabilité, *poteaux* ou *pylones*.

1. *Tracé.* — Il y a avantage économique à ce que le tracé soit aussi rectiligne que possible, les sinuosités immobilisant en ligne un poids de métal conducteur plus considérable. De plus, les supports d'angle doivent être plus forts et coûtent plus cher que ceux que l'on pose en alignement droit. Par contre, on aura à faire des expropriations ou des installations sur propriétés privées, ce qui est possible grâce à la nouvelle loi sur les transmissions d'énergie. De plus, la ligne sera plus difficile à surveiller et à entretenir que le long d'une route.

2. *Supports.* — C'est d'eux que dépendent la stabilité et la sécurité de la ligne. Ils doivent donc être établis et surveillés avec très grand soin.

On emploie couramment soit les poteaux de bois, soit les pylones métalliques, soit les poteaux en ciment armé, qu'on s'efforce de lancer actuellement.

Les *poteaux de bois* sont avantageux, parce qu'on les trouve souvent sur place, ou qu'on se les procure facilement chez les fournisseurs de l'Administration des Télégraphes, parce qu'ils sont peu lourds pour le transport, et qu'on les pose facilement à même la terre.

On emploie en général des poteaux de sapin, de 10 à 12 mètres de hauteur, de 30 centimètres de diamètre à la base, de 20 centimètres au sommet, qu'on enfonce dans un trou de $1^{m},60$ à 2 mètres de profondeur, et autour desquels on dame fortement la terre. Il est indispensable de les injecter de sulfate de cuivre, de bichlorure de mercure ou de créosote. On a préconisé aussi la carbonisation à la base ou la peinture au carbolinéum, pour éviter la

Digitized by Google

pourriture à l'endroit où ils sortent de terre, et qui est le seul attaqué, par l'effet combiné de l'humidité et de l'air.

On a proposé d'entourer la racine du poteau, pour la conserver, d'une gouttière en béton formée de deux parties dont on la recouvrirait, le trou ayant été rempli jusqu'à 30 centimètres du sol; on achèverait le remplissage et le damage autour des gouttières, et l'espace vide entre le poteau et les gouttières, qui montent jusqu'à 40 centimètres du sol, serait rempli de ciment.

Une disposition bien meilleure, et qui est très usitée en Suisse, consiste à former le support de deux parties : l'une en ciment armé, bloc quadrangulaire de 2 mètres de hauteur, devant servir de base au poteau, et enfoncé en terre ; l'autre, d'un poteau ordinaire fixé au bloc par quatre ferrures, et dont la section inférieure est ainsi maintenue à 30 centimètres du sol. Cette disposition est excellente et économique; elle permet le remplacement d'un poteau pendant le service et assure aux supports une stabilité et une durée considérables.

Un poteau ordinaire en bois revient en moyenne à 35 francs mis en place; on doit l'amortir en une durée de cinq à dix ans au plus, et, souvent, on a à remplacer des poteaux dès la première année, tandis que l'on en voit durer vingt ans et plus.

Enfin les poteaux de bois sont relativement fragiles et peuvent être détruits par la foudre et les tempêtes, ou bien être incendiés par les courts-circuits. Il est bon de les mettre à la terre par un collier métallique et un fil spécial, car on a souvent constaté entre les poteaux et la terre, en cas de pertes par isolateurs défectueux, des différences dangereuses de potentiel.

Les poteaux de bois ne permettent, en général, que des portées de fil de 30 à 45 mètres.

Les *pylones rigides* et les *supports en fer* sont très en faveur, malgré leur prix élevé, à cause de leur grande résistance, grâce à laquelle on peut augmenter les portées jusqu'à 100 et 160 mètres couramment.

Mais leur poids est très élevé; il leur faut à chacun une fondation en béton d'environ 2 mètres cubes; leur montage sur place et leur pose sont longs. Somme toute, malgré la réduction du nombre de supports et d'isolateurs, l'établissement d'une ligne à pylones est plus coûteux que celui d'une ligne à poteaux de bois. Par contre, l'entretien des pylones est presque nul; il se réduit à un passage annuel à la peinture et au remplacement de quelques pièces, naturellement interchangeables. Leur durée est pratiquement illimitée; ils sont à conseiller pour les longues concessions.

On court moins de risques de renversement avec une ligne ainsi soutenue; les pylones sont de parfaits paratonnerres et permettent d'élever la ligne à une grande hauteur, ce qui rend plus rares les atteintes malveillantes ou accidentelles, les bris d'isolateurs par jet de pierres, les courts-circuits par objets lancés entre fils, etc.

Ils sont naturellement mis à la terre par un morceau de câble contournant le béton; mais leur conductibilité a été regrettée par certains exploitants qui y ont vu la cause de courts-circuits francs arrêtant le réseau, par suite d'isolation défectueuse, tandis qu'avec des poteaux de bois, on n'a souvent en pareil cas qu'une carbonisation lente du support, bien moins malencontreuse.

Le prix moyen d'un pylone ordinaire est de 250 francs.

On préconise beaucoup aujourd'hui les *supports en fer élastiques*, qui sont flexibles dans le sens de la longueur de la ligne et rigides pour tout effort transversal. On arrive ainsi par le calcul à déterminer la flexion du support de sorte que la ligne soit stable, même en cas de rupture de tous les fils arrivant du même côté d'un poteau, la flexion se transmettant de support en support, jusqu'à ce que l'effort de réaction soit obtenu par élasticité au lieu de l'être par moment statique, comme dans les pylones.

Les *poteaux* en *ciment armé* sont de plusieurs genres. Les uns sont simplements massifs, mais sont d'un poids énorme, qui complique beaucoup leur pose. Leur rigidité est excellente; on manque encore de données sur leur durée et leur résistance aux intempéries (gelées, etc.).

D'autres sont mixtes, formés d'une âme de bois de sapin, entourée d'un treillis de fil de fer noyé dans le ciment. Leur prix de revient est d'environ 80 francs. Il semble toutefois qu'ici la liaison au bois soit insuffisante pour faire un solide de bonne résistance.

Enfin les poteaux Siegwart échappent aux reproches précédents. Pour en diminuer le poids, on les a constitués d'une armature tubulaire, formée de deux fers ronds réunis par des jonctions hélicoïdales. Sur cette armature, une machine spéciale dispose, sous pression, une bande hélicoïdale d'un béton bien homogène de sable moyen et de Portland, qui la recouvre en entier. Enfin, une armature extérieure de fil de fer est appliquée sur le tout par enroulement en hélice.

Ces poteaux sont donc légers et fort bien organisés pour la résistance.

En général, on semble apprécier les poteaux de ciment pour leur rigidité, leur conservation et leur facilité de mise en terre, mais il leur manque encore la sanction de la pratique.

3. *Bras de support et consoles.* — Les poteaux

Digitized by Google

ou pylones sont complétés par des traverses, des bras de support ou des consoles, organes horizontaux qui soutiennent les conducteurs de ligne par les isolateurs et permettent de leur donner à la fois l'écartement que nécessite la tension de service entre fils et la disposition symétrique indispensable pour égaliser les effets de self-induction entre phases, en courant alternatif.

Les Américains ont fréquemment employé la console en sapin, assemblée avec embrèvement au poteau. Le plus souvent, on préfère la traverse en fer, qui est indispensable dès qu'on a en vue une portée un peu grande, ou que des tempêtes sont à craindre.

Les traverses et consoles portent les tiges filetées sur lesquelles sont finalement vissés les isolateurs.

Les poteaux de ligne sont souvent munis de supports d'isolateurs de petite taille, destinés à la ligne téléphonique de l'installation. Cette disposition est à peu près générale, quoiqu'elle soit vicieuse par principe, puisque, si un poteau est détruit par une tempête ou un court-circuit, la ligne téléphonique sera justement hors d'état de fonctionner au moment où elle serait particulièrement précieuse. Aussi, les Américains ont souvent doublé la ligne de transport d'une ligne téléphonique parallèle, ce qui est à la fois facile et presque nécessaire pour la surveillance dans la savane.

Pour une ligne continue, le poteau sépare le fil d'aller du fil de retour; pour une ligne triphasée double, il sépare une ligne de l'autre. Pour une ligne triphasée simple, les isolateurs sont placés aux sommets d'un triangle équilatéral dont un côté est horizontal; si la ligne est double, chacun des triangles équilatéraux a un côté vertical. Pour une ligne multiple, on cherche une combinaison de conducteurs aussi avantageuse que possible au point de vue des effets d'induction.

Dans ce cas, on remplace avec profit plusieurs traverses par un cadre rectangulaire, dont les deux côtés verticaux portent les isolateurs, et dont les côtés horizontaux sont fixés au poteau.

On a été amené aussi, pour éviter des contacts entre fils, à placer les isolateurs par échelons dénivellés et non symétriques; mais cette disposition est défectueuse sur une grande longueur, à cause des effets inégaux d'induction sur les phases.

4. *Portée.* — Par ses effets longitudinaux, la portée n'est théoriquement limitée que par la tension qui atteint la limite d'élasticité du fil de ligne.

Pratiquement, on est arrêté bien avant par d'autres effets, qui sont les suivants : 1° la charge des supports, qui doit rester inférieure à une limite compatible avec l'économie d'installation; 2° la flèche; 3° les effets du vent.

En effet, une grande portée abaisse considérablement le sommet de la chaînette formée par le fil, et nécessite de hauts, mais chers, pylones, pour que ce sommet soit à la hauteur minima de $6^{m},50$ imposée par les règlements.

Il est nécessaire d'envisager l'inclinaison prise par le plan de la chaînette que forme chaque fil sous l'effet d'un fort vent transversal, afin de limiter la flèche à une valeur telle qu'on n'ait pas à craindre de *décharges disruptives* entre fils par l'effet des balancements dus au vent.

Il peut arriver que le plan d'un fil s'écarte de la verticale de 45° : on arrive ainsi tout juste, pour les très hautes tensions, à éviter les décharges par des écartements de $1^{m},50$ à 2 mètres entre fils.

Les grandes portées sont avantageuses parce qu'elles diminuent le nombre des points à isoler, mais les isolateurs nécessaires doivent être mécaniquement plus forts.

Pour un câble donné, on fait le calcul de la portée d'après la hauteur probable des pylones et la flèche maxima tolérable : suivant le climat, on considérera celle-ci comme due soit à l'extension par alourdissement sous l'effet du givre et de la neige, soit par échauffement sous un soleil ardent.

La charge des supports s'en déduit, en tenant compte du poids propre du câble et des surcharges à prévoir pour la neige et le vent : on admettra, par exemple (chiffres forts), que le câble peut se recouvrir d'une couche de givre de $2^{cm},5$ (densité 1) et que la pression du vent est comprise au plus entre 200 et 250 kgs/cm² (la surface d'action du vent étant le produit de la longueur du câble par son demi-diamètre). Enfin, les variations maxima de température sont, en tous pays, inférieures à 100° C.

Les installations nouvelles sont à portées aussi grandes que possible : on a employé à Guanajato (Mexique) des portées courantes de 400 mètres (pylones de 18 mètres de hauteur). On est allé en montagne, dans les Rocheuses, jusqu'à 540 mètres. Mais le record de la portée est détenu par l'installation de Carquinet (Californie), qui franchit un bras de mer de 1.328 mètres : les quatre câbles (dont un de réserve) de la ligne sont espacés de 6 mètres, leur flèche est de 30 mètres.

5. *Isolateurs.* — Les isolateurs sont en contact direct avec le fil qu'ils doivent isoler des supports; ils sont doués de propriétés mécaniques et de propriétés électriques indispensables.

Soumis au poids, à la traction du conducteur, ils doivent y résister sans la moindre fissure. Soumis à la tension et à ses variations parfois considérables, ils doivent les supporter sans rupture ni pertes.

L'expérience a montré qu'on pouvait employer le

Digitized by Google

verre jusqu'à 40.000 volts. Au delà, pour réduire les dimensions de l'isolateur, on n'utilise que la *porcelaine*, à cause de ses propriétés mécaniques meilleures.

Un isolateur est toujours un corps de révolution à axe vertical, qu'on peut visser sur sa tige de support, et auquel le câble est fixé par des fils métalliques prenant appui sur un champignon *ad hoc* formant la tête de l'isolateur.

Une décharge disruptive entre le conducteur et le support peut donc se produire, soit à travers la masse, soit en suivant le contour d'une section méridienne. En général, les conditions de résistance mécanique sont plus que suffisantes pour parer à la première éventualité, et, quant à la seconde, il est nécessaire d'augmenter la longueur de ce qu'on nomme la *ligne de fuite*, c'est-à-dire le plus court trajet extérieur à l'isolateur possible pour l'étincelle. C'est ainsi qu'on a été conduit, après l'essai infructueux des isolateurs à huile, à la forme courante actuelle à deux, trois ou quatre cloches superposées et de diamètres croissants.

On préfère les cloches largement ouvertes à la base, car la pratique a montré que des insectes, des araignées et des poussières pouvaient se loger entre des cloches trop rapprochées et causer des courts-circuits. Il est même recommandé que les cloches d'isolateurs se prêtent au nettoyage à la brosse à main, opération indispensable en pays de brouillards ou d'industries fumeuses.

L'isolateur est vissé sur sa tige par sa partie filetée, qu'on garnit en général d'étoupe goudronnée, à moins qu'on ne coiffe la tige de chapeaux en papier paraffiné concourant à l'isolement et donnant un meilleur aplomb après le vissage.

Les diamètres courants d'isolateurs sont : pour 10.000 volts, $12^{cm},5$; pour 40.000 volts, $22^{cm},5$; pour 60.000 volts, $27^{cm},5$; leur hauteur peut atteindre 35 centimètres, et leur poids 8 kilogs.

On en remplace environ 1 °/₀ par an. Dans les lignes alternatives, ils cassent souvent par suite d'échauffements dus à l'hystérésis diélectrique.

Les isolateurs de porcelaine sont fabriqués en partant d'une pâte biscuitée de kaolin de première qualité, qui est recouverte d'un émail spécial isolant : un isolateur ne peut être bon que s'il est *vitrifié à cœur*. Tous les isolateurs sont essayés après fabrication pour vérification de leur isolement massique, et ensuite *sous arrosage artificiel* pour vérification de leur isolement superficiel : on tâche d'imiter autant que possible la chasse de la pluie par le vent au moyen d'arrosages obliques.

6. *Métal de ligne.* — Les conducteurs de lignes sont des fils ou câbles nus de cuivre ou d'aluminium.

On n'emploie pas de fils d'un diamètre supérieur à 10 millimètres à cause de leur raideur. Les fils sont en cuivre étiré. Pour les diamètres supérieurs, les câbles sont faits de fils fins étirés.

L'aluminium est très répandu aujourd'hui, surtout en câblé. Aux cours actuels, il donne avantage de poids et de prix à perte en ligne égale; mais, en raison du plus grand diamètre (27 °/₀) correspondant des câbles d'aluminium, l'action du vent est sur eux plus considérable. Cette augmentation de diamètre peut être très précieuse, si l'on emploie de très hautes tensions, pour *diminuer les pertes par effluves* (à cause de la distribution logarithmique des potentiels dans un diélectrique entourant un conducteur. Expériences de Jona).

On a remarqué qu'il est indispensable de faire les joints dans une ligne en aluminium par des *manchons de même métal*, sous peine de voir les joints détruits par des couples thermo-électriques.

Il existe de très longues lignes en aluminium (Shawinigan à Montréal; 50.000 volts triphasés; 137 kilomètres; câble 7 fils, 92^{mm^2}).

Les fils d'*acier*, malgré leur grande résistance électrique, sont quelquefois employés, quand on a besoin de propriétés mécaniques exceptionnelles. Et encore, le plus souvent, on ne les utilise que comme fils porteurs, à la façon des câbles de pont suspendu, pour de très longues portées.

7. *Propriétés électriques spéciales des longues lignes.* — Quand la longueur d'une ligne dépasse 100 kilomètres, on constate dans l'exploitation des difficultés spéciales d'ordre électrique :

a) *Capacité.* Les diverses capacités, formées par les conducteurs et la terre, les conducteurs entre eux, les isolateurs, prennent des valeurs considérables et leurs courants déwattés de charge font inutilement chauffer les alternateurs et consomment de l'énergie d'excitation.

b) *Self.* En raison de la grande distance des stations, on est conduit à de hauts voltages, donc à de grands écartements des fils. Par suite, les flux d'induction sont plus considérables et le facteur de puissance baisse d'autant.

c) *Résonance.* Les phénomènes de résonance peuvent être désastreux, non seulement pour le rendement, mais même pour la sécurité de la ligne, par suite des surtensions qu'ils occasionnent.

Une ligne, comme tout circuit fermé présentant de la self et de la capacité, a une période propre de résonance, donnée par la formule $T = 0{,}00629\, l\sqrt{l'c'}$, où T est la période en secondes, l la longueur en kilomètres, l' la self et c' la capacité de la ligne au kilomètre.

Cette période est la période des oscillations électriques engendrées par une certaine quantité

Digitized by Google

d'énergie se déplaçant librement dans le circuit, amortie seulement par l'effet Joule. C'est ce déplacement qui, dans certains circuits, donne lieu aux courants de haute fréquence.

Comme la formule le montre, pour les valeurs ordinaires des quantités qui y entrent, la période est encore très courte par rapport à celle de l'alternateur qui alimente la ligne, et le déplacement du courant est un phénomène d'oscillations forcées dont la période est celle de la force électromotrice de l'alternateur. Mais, que la longueur l de la ligne croisse suffisamment, sa période sera comparable, puis égale, d'abord aux harmoniques supérieurs de la f. é. m. de l'alternateur, puis au terme fondamental de cette f. é. m.

On n'a pas encore envisagé de lignes entrant en résonance avec les f. é. m. de fréquences normales. Mais on a eu souvent à se préoccuper des résonances d'harmoniques pour des alternateurs dont les courbes n'étaient pas suffisamment pures. Il se produit en pareil cas des accidents très graves de surtensions, de surcharges d'intensité et des troubles de fréquence.

Ces quelques mots suffisent à faire comprendre pourquoi l'on a pu dire que la *limitation de la portée des transports d'énergie par le courant alternatif* se trouvait dans le fait de ces surtensions, auxquelles on ne connaît pas de remède.

C'est d'ailleurs pourquoi la ligne du Zambèze au Rand n'a pas été étudiée en triphasé, mais bien en continu série.

On peut donc affirmer qu'avec les moyens actuels il existe pour les transports d'énergie *une limite de longueur indépendante de toute considération économique*, savoir la longueur d'une ligne dont la fréquence propre serait une des fréquences usuelles.

8. *Action des réseaux sur les lignes téléphoniques.* — Les réseaux de transport d'énergie électrique sont toujours des voisins dangereux ou gênants pour les lignes télégraphiques et téléphoniques.

Le danger de chute des câbles conducteurs sur les fils n'est pas toujours suffisamment conjuré par les précautions administratives, pourtant bien rigoureuses, et souvent des courts-circuits et des incendies dans les bureaux de poste sont causés, même à de grandes distances, par des contacts accidentels ou de fortes dérivations.

Mais les effets les plus gênants sont dus à l'induction : les périodes de résonance des réseaux téléphoniques ou télégraphiques sont, en effet, de l'ordre des harmoniques supérieurs des courbes de tension usuelles, en particulier de l'ordre des harmoniques de denture des alternateurs : les effets d'induction, négligeables pour les autres fréquences, deviennent désastreux quand ces périodes coïncident ; on a de nombreux exemples d'installations où les exploitants ont dû, sur la demande de l'Administration, modifier la denture de leurs alternateurs, pour épurer leurs courbes de tension des harmoniques perturbateurs des communications publiques.

Il se trouve même que les réseaux continus peuvent être plus gênants que des réseaux alternatifs, à cause des harmoniques de collecteur : on sait, en effet, que la force électromotrice aux bornes d'une dynamo n'est pas mathématiquement constante, et que le collecteur cueille, pour ainsi dire, les sommets des sinusoïdes représentant les forces électromotrices développées dans les spires ; il y a donc une ondulation de la force électromotrice au passage de chaque lame aux balais : d'où naissance d'harmoniques de collecteur, à fréquence très élevée, et qui peuvent, par suite, entrer en résonance avec des réseaux à période très courte, ce qui est naturellement le cas le plus général ($T = 2\pi\sqrt{lc}$). Tous ces phénomènes ont été particulièrement fouillés depuis quelques années, et l'on pourrait croire que leur étude doive faire perdre espoir aux novateurs d'audacieux projets. Il se produit en leur faveur un fait extrêmement heureux, démontré par M. Brylinski, à savoir *que les grands réseaux sont, par eux-mêmes, étouffeurs de leurs harmoniques supérieurs* : des effets favorables d'amortissement proviennent, entre autres, de la capacité du réseau (si bien qu'on a envisagé comme possibles des transmissions à 25.000 volts *par câbles*).

Toutes ces études n'ont pas été inutiles, malgré leur conclusion en quelque sorte destructive de leurs prémisses. Elles ont permis de parer aux surtensions fautives, d'éviter les mauvais effets des surtensions accidentelles, et d'accroître la sécurité des installations par le choix raisonné d'un *facteur d'essai* convenable. C'est pourquoi, en deçà de la longueur limite dont nous avons parlé plus haut, les transports d'énergie à grande distance ne sont plus dominés que par des raisons économiques, qui, seules, décident de leur réalisation.

9. *Sécurité de l'installation.* — La pratique et la théorie montrent que, sur une ligne normale, on a à craindre divers incidents courants. Les uns, courts-circuits, sont dus à des contacts intempestifs ou à des ruptures d'isolants ; la surcharge d'intensité qui en résulte ne peut être dangereuse que pour les machines : celles-ci sont protégées par des disjoncteurs automatiques à maxima.

Les autres, surtensions, sont pernicieux pour l'ensemble de l'installation, et peuvent faire aussi bien claquer un isolateur qu'un enroulement. Des surtensions, égales *au double* de la valeur normale

Digitized by Google

du voltage, se produisent à la fermeture du circuit sur les alternateurs; d'autres ont lieu à la coupure en charge, ou à l'extinction spontanée de courts-circuits. Enfin, les phénomènes atmosphériques peuvent charger une ligne soit par induction, soit par atteinte directe, et l'on doit préserver aussi bien le personnel que le matériel de ces surtensions énormes.

On a longtemps cherché des protections efficaces : on est arrivé à en réaliser par l'emploi combiné de parafoudres à cornes, de condensateurs, et de déchargeurs continus, placés entre la ligne et la terre.

Les parafoudres à cornes sont destinés à créer des points de préférence pour l'éclatement de l'arc, quand la ligne est portée, par rapport à la terre, à un potentiel plus élevé que le potentiel normal. Ils doivent être soigneusement réglés, de façon que leur résistance à la décharge disruptive soit inférieure à celle des isolements normaux de la ligne.

Les condensateurs sont destinés à livrer passage aux oscillations de haute fréquence causées par la foudre : on sait qu'un condensateur, absolument imperméable au courant continu, livre passage à une intensité alternative d'autant plus grande que la fréquence de la f.é.m. appliquée à ses bornes est plus grande; la fréquence des décharges atmosphériques est considérable par rapport aux fréquences industrielles; aussi la perméabilité de ces condensateurs aux courants de ligne est insignifiante, alors qu'ils protègent efficacement l'installation contre la foudre.

Enfin, les déchargeurs continus sont, soit des colonnes d'eau pure, soit des séries de résistances, entre terre et ligne, destinées à écouler vers la terre toute charge statique induite dans la ligne. Naturellement ces déchargeurs sont le siège d'une perte constante par dérivation à la terre : on a soin de la limiter à une valeur minime, en général, encore que certains ingénieurs n'hésitent pas, en temps d'orage, à mettre brutalement à la terre de 200 à 300 chevaux !

Notre étude technique peut s'arrêter ici : elle peut servir à imaginer les difficultés économiques d'une installation pour le transport électrique de l'énergie et à combattre ainsi ce préjugé du grand public que, « lorsqu'on a une chute, on a la force pour presque rien ».

E. Barthélemy,
Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique,
Ingénieur électricien
attaché à la Cie de l'Est.

L'ÉVOLUTION DES LEUCOCYTES ET DU TISSU LYMPHOÏDE DES INVERTÉBRÉS

La plupart des Invertébrés n'ont pas de vaisseaux ou ne possèdent qu'un appareil circulatoire incomplètement clos, qui débouche dans la cavité générale. Le liquide qui baigne l'ensemble des tissus exerce des fonctions respiratoires, nutritives et excrétrices. On lui donne souvent le nom d'*hémolymphe*. D'autres, au contraire, ont un appareil circulatoire entièrement clos. Le liquide qui circule assume plus particulièrement des fonctions respiratoires. C'est le *sang* proprement dit. Les éléments cellulaires qu'il contient sont rares et peu remarquables. Par contre, le *liquide cœlomique* est fort riche en leucocytes variés. Ce sont ces derniers éléments et ceux que renferme l'hémolymphe que nous envisagerons spécialement dans ce qui va suivre.

I. — Les Leucocytes.

§ 1. — Les granulations.

En présence des nombreuses formes leucocytaires qu'on rencontre chez les Vertébrés et les Invertébrés, on ressent la nécessité d'une classification, au moins provisoire. Cela est si vrai que les études hématologiques n'ont véritablement pris leur essor qu'après l'apparition de la célèbre classification d'Ehrlich.

On sait que certains leucocytes ont leur protoplasma bourré de granulations. Ehrlich fit cette découverte fondamentale que les granulations se comportent d'une manière variable vis-à-vis des substances colorantes, et que les différentes couleurs qui peuvent se fixer sur une granulation donnée présentent entre elles une analogie de composition chimique. Les couleurs d'aniline habituellement utilisées en Histologie peuvent, en effet, se diviser en deux groupes, les couleurs *acides* et les couleurs *basiques*, selon que leur chromophore comporte un auxochrome acide ou basique. On doit, d'après Ehrlich, ajouter à ces deux groupes celui des couleurs *neutres*, qui résultent de la combinaison de deux ou trois couleurs acides et basiques. Tel est, par exemple, le principe colorant du triacide, mélange-type composé par Ehrlich lui-même (orange G., fuchsine acide: couleurs acides; vert de méthyle: couleur basique).

A l'aide de ces données, Ehrlich établit les cinq catégories suivantes :

1° Granulations *acidophiles*, se colorant *exclusivement* dans les couleurs acides;

Digitized by Google

2° Granulations *basophiles*, se colorant seulement dans les couleurs basiques;

3° Granulations *amphophiles*, qui montrent une égale affinité pour les teintures acides et basiques;

4° Granulations *neutrophiles*, se teignant exclusivement dans les mélanges neutres;

5° Granulations *basophiles métachromatiques*; ces dernières ont la curieuse propriété de faire virer au rouge les substances colorantes basiques bleues ou vertes (bleu de méthylène, bleu d'Unna, vert de méthyle).

D'après Ehrlich, ces cinq catégories seraient absolument tranchées et ne seraient reliées entre elles par aucun intermédiaire. L'auteur arrive donc à la notion de *spécificité granulaire*. D'autre part, un leucocyte déterminé ne renferme jamais qu'une seule espèce de granulations. Cette observation permet donc de définir et de classer les leucocytes d'après les granulations qu'ils contiennent et d'établir la notion de la *spécificité leucocytaire*. Cette classification est universellement adoptée aujourd'hui par les hématologistes, car elle reste presque sans défaut tant qu'on ne s'écarte pas du cercle restreint de l'homme et des animaux de laboratoire.

La nécessité d'une classification s'est encore plus fortement fait sentir en présence de la diversité des formes leucocytaires des Invertébrés. On a très naturellement songé à faire usage de celle d'Ehrlich. C'est ainsi que Kovalewsky, Knoll, Cuénot, Bruntz, ont décrit des acidophiles dans la plupart des groupes d'Invertébrés. D'après Saint-Hilaire, il existerait des neutrophiles chez les Echinodermes, et, d'après Cuénot, chez les Siponculides. Enfin, les mêmes auteurs ont décrit des basophiles chez les Mollusques et les Echinodermes.

La classification d'Ehrlich semblerait donc être d'une portée générale et pouvoir s'appliquer à l'ensemble du règne animal. Cependant, dans ces dernières années, divers auteurs ont mis en évidence des faits qui ne s'accordent pas avec la théorie. Mlle Drzewina, en étudiant les Ichthyopsidés, a rencontré des granulations dont les caractères chromatiques sont tels qu'elles ne peuvent prendre place dans aucune des catégories classiques, et des leucocytes qui renferment plusieurs espèces de granulations. Ces observations ruinent, au moins en ce qui concerne les Ichthyopsidés, les notions de la spécificité granulaire et de la spécificité leucocytaire. La classification d'Ehrlich n'aurait-elle pas la généralité que l'on avait cru?

Il était donc indiqué de reprendre l'étude des Invertébrés à ce point de vue. Par leur nombre et leur grande diversité, ils devaient fournir des résultats très généraux. C'est ce que j'ai essayé de faire.

Les granulations acidophiles véritables, caractérisées par leur affinité exclusive pour les couleurs acides, ne sont pas très rares. On les trouve, notamment, chez les Annélides errantes et les Lamellibranches Les amphophiles, qui absorbent également toutes les teintures acides ou basiques, ne sont pas très fréquentes. Dans la plupart des cas, les granulations sont *imparfaitement* amphophiles, en ce sens que leur acidophilie surpasse leur basophilie, ou vice-versa. Dans un mélange de pigments acides et basiques, elles fixeront toujours plus énergiquement l'un des composants. Rien n'est plus remarquable qu'une préparation de liquide cœlomique de Scorpion ou de Phascolosome, traitée par le triacide. Les fines granulations sont violacées, ayant fixé plus de pigment acide (orange, fuchsine acide) ; les grosses sont bleuâtres, car la teinture basique (vert de méthyle) les a particulièrement imprégnées. Ces granulations sont donc toutes plus ou moins amphophiles; mais les premières ont des affinités acidophiles très marquées, tandis que les secondes penchent, au contraire, vers la basophilie. En un mot, on trouve, chez les Invertébrés, *tous les passages possibles entre l'acidophilie et une basophilie presque parfaite*. Il y a eu lieu de noter que l'on ne rencontre pas, chez ces animaux, de véritables basophiles.

On observe assez souvent des granulations qui se teignent dans les mélanges dits neutres, exactement comme les neutrophiles typiques du sang de l'homme. Mais, comme elles absorbent parfaitement toutes les couleurs acides, on doit les considérer simplement comme des acidophiles. D'ailleurs, les neutrophiles de l'homme ne refusent pas les teintures acides avec autant de rigueur que le croyait Ehrlich; aussi, je pense que la classe des neutrophiles doit disparaître.

Enfin, on observe assez fréquemment la métachromasie. Loin d'être toujours associée à la basophilie, elle se rencontre, au contraire, dans des granulations plus ou moins amphophiles. Elle se manifeste, comme d'habitude, avec les couleurs basiques bleues ou vertes. Les grosses granulations des Phascolosomes, que nous citions plus haut, sont métachromatiques.

Les résultats fournis par l'analyse chromatique, appliquée aux granulations des Invertébrés, ne sont donc pas entièrement défavorables à la classification d'Ehrlich. On ne saurait certainement dire qu'il n'existe pas d'intermédiaires entre les diverses espèces de granulations. Mais le principe établi par le célèbre auteur reste intact : *la composition chimique des pigments qui peuvent se fixer sur une granulation donnée suffit à la caractériser*. On est donc conduit, non pas à rejeter la classification, mais simplement à l'élargir. Il suffira de se rappeler qu'il existe tous les intermédiaires possibles entre les acidophiles et les basophiles.

Digitized by Google

Il est extrêmement fréquent de rencontrer chez les Invertébrés des leucocytes qui renferment quelques granulations se colorant différemment de la généralité de celles qui les entourent. Semblable observation a déjà été faite chez les Vertébrés, comme nous l'avons vu plus haut. Quelle est la signification de ces granulations « hétérochromatiques »? J'ai pu étudier chez les Arthropodes les différentes phases du développement et de la redissolution des granulations. J'ai constaté que ces deux phénomènes s'accompagnent d'une modification dans les propriétés chromatiques. Dès lors, les granulations hétérochromatiques représentent simplement des stades d'évolution. Ces observations ont une certaine importance : elles montrent qu'*il n'est plus possible de caractériser un leucocyte au moyen des granulations qu'il renferme.* La notion de la spécificité leucocytaire devient ainsi difficilement acceptable.

Le principal critérium de classification faisant défaut, nous allons tenter de classer les leucocytes des Invertébrés d'après l'ensemble de leurs caractères morphologiques et évolutifs.

§ 2. — Évolution de la cellule lymphoïde.

Nombreuses et diverses sont les formes cellulaires qu'on rencontre dans le liquide cavitaire et l'hémolymphe des Invertébrés. Les travaux de Cuénot et de Bruntz ont fait voir, par quelques exemples, qu'on peut les classer en une série de formes qui représentent les différents stades de l'évolution d'un même élément. J'ai complété leurs observations, qui n'intéressaient que les Arthropodes (Crustacés

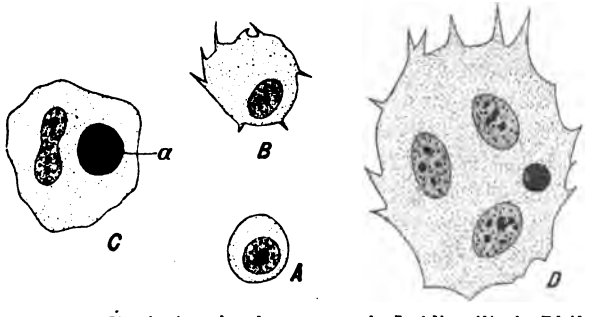


Fig. 1. — *Évolution des leucocytes du* Luidia ciliaris *Phil.* — *A*, stade jeune; *B*, stade plus âgé; *C*, début de la fragmentation nucléaire; *D*, stade à trois noyaux; *a*, inclusion.

et Insectes) et les Vers (Oligochètes), et je les ai étendues à l'ensemble des Invertébrés.

Les plus jeunes leucocytes sont toujours des cellules de petite taille. Ils se caractérisent par un protoplasma peu abondant (fig. 1 A, fig. 2 A), fréquemment basophile, et par un gros noyau sphérique renfermant un petit nombre de karyosomes assez volumineux. Au total, une cellule éminemment jeune, qui se reproduit par mitoses répétées, mais jamais, sinon très exceptionnellement, par division directe. Cette cellule, en raison du faible développement de son protoplasma, est peu amiboïde et peu phagocytaire.

Le protoplasma s'accroît alors rapidement, jusqu'à quadrupler d'épaisseur (fig. 2, B, C, D). En même temps, il perd sa basophilie, ou tout au moins il acquiert une affinité spéciale pour les couleurs

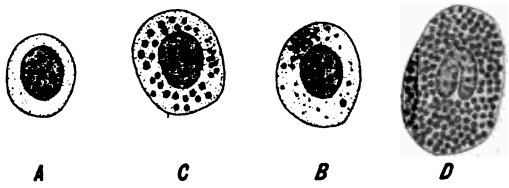


Fig. 2. — *Armadillium vulgare* Latr. — *A*, jeune leucocyte; *B*, *C*, les granulations apparaissent; *D*, leucocytes bourrés de granulations.

acides. Le noyau subit une évolution remarquable. Souvent, il reste sphérique; mais ses karyosomes se multiplient, deviennent plus petits et irréguliers. En un mot, il perd ce caractère de jeunesse qu'il avait au stade précédent. Mais surtout, dans un grand nombre de cas, il s'étire en biscuit, s'incurve en fer à cheval, ou même se fragmente en deux ou trois masses indépendantes (fig. 1 D, fig. 2, B, C, D). Il prend donc toutes les apparences du noyau polymorphe des leucocytes des Vertébrés et doit réellement porter le même nom. Ce noyau polymorphe a fait croire plus d'une fois à une multiplication par division directe, qui n'existe pas, ou qui est très exceptionnelle. Ce n'est pas qu'à ce stade le leucocyte soit incapable de division. Bien au contraire, des mitoses s'y rencontrent assez souvent; mais elles ne sont jamais aussi nombreuses qu'au stade précédent. Enfin, c'est à ce moment que le leucocyte exerce avec le maximum d'intensité ses propriétés amiboïdes et phagocytaires. Souvent on y rencontre des granules d'excrétion (fig. 2, C, D, *a*), et l'on pourrait penser à un rôle excréteur des leucocytes ; mais il s'agit, dans la plupart des cas, de substances de rebut phagocytées. Kovalewsky a cependant signalé des leucocytes qui se chargent du carminate d'ammoniaque introduit artificiellement dans la cavité générale.

Très généralement, l'évolution du leucocyte se complète par l'apparition de granulations. D'abord fines et peu nombreuses, elles augmentent ensuite de nombre et de volume et finissent par remplir totalement le corps cellulaire (fig. 2, B, C, D). Leur apparition n'est pas liée à un stade d'évolution du leucocyte, car on les observe dans toutes les cellules, tout au moins à partir d'une certaine taille. Il n'y a aucun rapport entre la forme du noyau et l'état de développement des granulations (fig. 2, D,

Digitized by Google

fig. 3). On observe, côte à côte, dans la même goutte de sang, des cellules granulées, les unes mononucléaires, les autres à noyau polymorphe. A partir d'un certain stade, le leucocyte possède donc la propriété de développer des granulations, quand les conditions de milieu favorables sont réalisées.

La cellule la plus bourrée de granulations conserve le pouvoir phagocytaire, comme je l'ai constaté notamment chez l'écrevisse. L'opinion inverse est généralement admise. Cette même cellule peut aussi se diviser par karyokinèse, d'ailleurs peu activement. On ne saurait donc considérer que l'apparition des granulations marque le début de la dégénérescence leucocytaire. Les granulations sont des produits de sécrétion et non de désintégration. Au moment où elles se développent, le leucocyte est, au contraire, au maximum de son activité sécrétrice.

Fig. 3. — *Leucocyte granuleux de la larve d'Æschna cyanea L.* — Le noyau est resté sphérique.

Les leucocytes ont une vie normalement limitée. Dans certaines conditions, leur dégénérescence s'effectue en masse. Quelle qu'en soit la cause, elle se manifeste d'abord par une contraction progressive du noyau, qui se transforme en une sphère homogène, uniformément colorable. Autrement dit, le noyau subit la dégénérescence *pyknotique*. Puis il entre en *karyorhexie* c'est-à-dire qu'il éclate en plusieurs fragments. Le leucocyte dégénéré est alors phagocyté. La dégénérescence peut affecter des leucocytes à tous les stades, mais elle est plus fréquente dans les granulés. Pendant les périodes de rénovation sanguine, elle se rencontre fréquemment dans les plus jeunes leucocytes, précisément ceux qui sont en voie d'active multiplication.

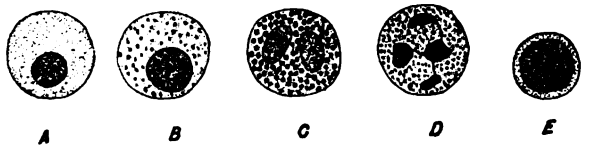


Fig. 4. — *Leucocytes du cobaye.* — *A*, mononucléaire; *B*, mononucléaire renfermant quelques granulations; *C*, acidophile; *D*, amphophile; *E*, lymphocyte.

On ne peut manquer d'être frappé de l'analogie évidente des leucocytes des Invertébrés avec ceux des Vertébrés. Les jeunes leucocytes rappellent les *lymphocytes* (fig. 4, E); de même, nous retrouvons les *mononucléaires* (fig. 4; A, B), les leucocytes à *noyau polymorphe* (fig. 4; C, D), et les *granulés* (fig. 4; B, C, D). Mais, si l'enchaînement de ces diverses formes ne semble pas douteux chez les Invertébrés, il n'en est pas de même chez les Vertébrés, et toute l'école d'Ehrlich refuse d'admettre aucun intermédiaire entre le lymphocyte et le mononucléaire. Dans cette conception, il existerait, chez les Vertébrés, deux séries leucocytaires absolument indépendantes, à la fois par les caractères morphologiques et physiologiques des éléments qui les constituent. Les granulations seraient exclusivement caractéristiques de l'une de ces deux séries. Cette théorie, fortement battue en brèche d'ailleurs, en ce qui concerne les Vertébrés, n'est aucunement applicable aux Invertébrés, comme on l'a vu. Il n'y a certainement, chez ces animaux, qu'une seule et unique série leucocytaire.

Fig. 5. *Cellule sphéruleuse de* Phascolosoma elongata *Kef.*

Mais les leucocytes des Invertébrés peuvent évoluer dans un sens différent et donner naissance à des éléments qui n'ont pas leur analogue chez les Vertébrés. Ainsi les Tuniciers possèdent des cellules entièrement bourrées de gros globules gras. Ces cellules adipeuses, qui nagent en liberté dans le sang, se relient par des transitions insensibles aux leucocytes non granulés.

Chez beaucoup d'Invertébrés, Tuniciers, Arthropodes, Mollusques (sauf Céphalopodes), Géphyriens, Echinodermes (sauf Astérides), se rencontrent des éléments volumineux (fig. 5), entièrement remplis de très grosses sphérules albuminoïdes, dont l'analogie avec les véritables granulations n'est pas douteuse, bien qu'elles possèdent un caractère un peu spécial. Ces cellules sphéruleuses descendent très vraisemblablement des leucocytes encore dépourvus de granulations, bien que la preuve n'ait pu en être positivement faite. Kovalewsky, Cuénot et Bruntz ont montré qu'elles sont excrétrices et phagocytaires : d'où le nom de néphrophagocytes que Bruntz leur a donné. Caractère remarquable, ces éléments, qu'on rencontre nageant en liberté dans le liquide cœlomique des Géphyriens et des Echinodermes, ont une tendance, dans les autres groupes, à se fixer dans le tissu conjonctif qu'ils ne quittent jamais (Mollusques), ou très exceptionnellement (Arthropodes).

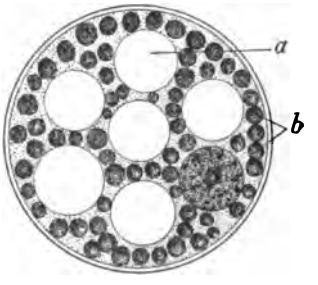


Fig. 6. — *Cellule adiposphéruleuse de* Sabella pavonina *Sav.* — *a*, gouttelette adipeuse; *b*, sphérules.

Enfin, le liquide cœlomique de certaines Annélides renferme des cellules à la fois adipeuses et sphéruleuses (fig. 6), que nous devons identifier aux cellules qui constituent le *corps adipeux* des Insectes. Les unes et les autres ne sont très vraisemblable-

Digitized by Google

ment que des leucocytes qui ont évolué dans un sens particulier.

II. — Le tissu et les organes lymphoïdes.

Les leucocytes ne sont pas toujours libres. Ils s'associent souvent en un tissu spécial, pour former des organes plus ou moins définis. La moelle des os, la rate des Vertébrés, sont des organes de ce genre. L'ensemble des leucocytes et de ces organes constitue l'appareil lymphoïde.

Si l'on considère les Invertébrés, on constate que la structure du tissu et la composition de l'appareil lymphoïde présentent une certaine variabilité. Dans des organes aussi actifs que ceux qui nous occupent, les variations de forme et de structure sont plus particulièrement sous l'influence des nécessités physiologiques. Il y aurait un intérêt spécial à essayer de reconstituer l'histoire phylogénique de l'appareil lymphoïde, en dégageant les facteurs qui l'ont particulièrement dirigée. C'est là, pour le présent, une entreprise irréalisable. Tout au moins, nous pouvons essayer de préciser les phases successives par lesquelles a dû passer l'appareil lymphoïde dans son évolution progressive.

Mais, comme nous ne connaissons à peu près rien du développement ontogénique du tissu lymphoïde, nous serons obligés de sérier, sans autre guide que celui de la vraisemblance, les diverses formes présentées par les animaux adultes.

§ 1. — Évolution du tissu lymphoïde.

Beaucoup d'Invertébrés sont dépourvus de toute localisation et, par conséquent, de tout tissu lymphoïde. Tels sont les Gastéropodes, les Aranéides, beaucoup d'Insectes. Cela n'empêche d'ailleurs pas les leucocytes d'acquérir individuellement une haute différenciation. Chez les animaux que nous venons de nommer, ils présentent une variété aussi grande que chez les autres Invertébrés. La différenciation des leucocytes et celle du tissu lymphoïde sont donc deux phénomènes totalement indépendants. Les facteurs qui président au premier sont, sans doute, très différents de ceux qui conditionnent le second.

La structure normale du tissu lymphoïde semble être assez constante. Elle se compose d'un stroma formé par un tissu réticulé, dans les mailles duquel sont contenues des cellules libres ou cellules lymphoïdes.

La présence du stroma est caractéristique du tissu lymphoïde. Elle seule nous garantit que nous n'avons pas affaire à une accumulation accidentelle de leucocytes. Primitivement, ce stroma est formé de cellules étoilées, anastomosées par leurs prolongements. C'est ainsi qu'il se présente le plus souvent, notamment chez les Annélides, animaux relativement primitifs, chez qui Fage l'a découvert et décrit. Mais il peut subir une évolution plus avancée. La cellule du stroma est la sœur des cellules conjonctives et elle jouit comme elles de la propriété de former de la substance conjonctive. Chez les Crustacés décapodes, notamment, cette

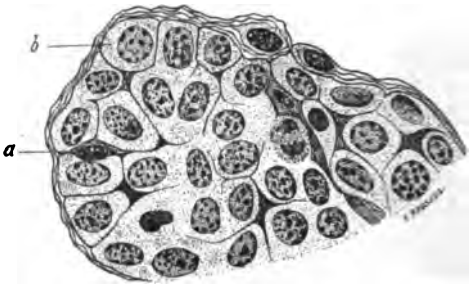


Fig. 7. — *Organe lymphogène du* Dromia vulgaris *M. Edw.* *a*, cellule du stroma; *b*, cellule lymphoïde.

tendance s'affirme nettement. Chez le *Dromia vulgaris* (fig. 7), le stroma est formé de cellules de Leydig, anastomosées par leurs prolongements, parfaitement reconnaissables. Les noyaux sont très visibles et peu modifiés. Mais, déjà, le protoplama est rempli de fibres et de lames épaissies, qui représentent la partie proprement conjonctive de l'élément. Si l'on s'adresse à l'écrevisse, la partie conjonctive a pris la prédominance, à tel point que les cellules sont peu ou pas reconnaissables et que le stroma paraît être essentiellement fibrillaire. Ce développement de la substance conjonctive se manifeste aussi chez les Vertébrés. Une interminable discussion a longtemps divisé les histologistes, sur le point de savoir si le tissu réticulé des Vertébrés possède la struc-

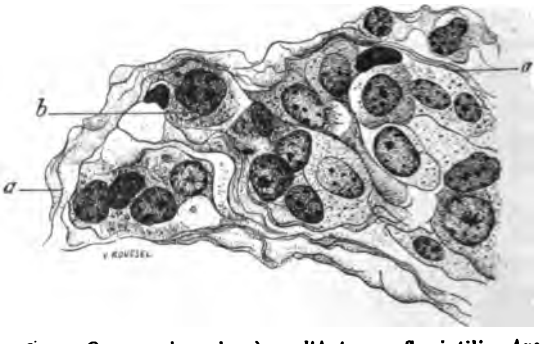


Fig. 8. — *Organe lymphogène d'*Astacus fluviatilis *Auct.* *a*, stroma; *b*, cellule lymphoïde.

ture cellulaire ou la structure fibrillaire. A la suite des travaux de Laguesse, Weidenreich, etc., il fut définitivement reconnu que ces deux structures ne sont pas fondamentalement différentes et que la seconde n'est qu'un état d'évolution de la première. Il en est donc de même chez les Invertébrés.

Les cellules lymphoïdes proprement dites n'ont jamais avec les éléments du stroma que des rap-

Digitized by Google

ports de contiguïté, et il ne paraît exister aucune relation génétique entre ces deux parties. Les cellules lymphoïdes appartiennent toutes à un type uniforme et bien déterminé. Très généralement, elles ressemblent à l'une des espèces de leucocytes libres du sang, et, habituellement, à celle qu'on peut considérer comme la souche de toutes les autres. Les organes lymphoïdes ne sont donc, morphologiquement, que des amas de leucocytes fixés par la présence du stroma réticulé.

Quelles sont les fonctions de ces amas de tissu lymphoïde? Il est très fréquent de rencontrer des karyokinèses dans les cellules lymphoïdes; ces éléments sont donc le siège d'une multiplication plus ou moins active. Dans ces conditions, l'organe doit être considéré comme formateur de leucocytes ou *lymphogène*. Le fait est démontré dans nombre de cas : Crustacés, Céphalopodes, etc. Parfois, les mitoses sont rares ou absentes; tel est le cas de la glande néphridienne des Prosobranches et de la glande de Blanchard des Scorpionides. Le rôle lymphogène de l'organe devient alors douteux, si vraisemblable qu'il ait pu paraître *a priori*. On conserve, cependant, le droit de penser que des observations ultérieures saisiront l'organe en voie de prolifération.

D'autres fonctions peuvent se superposer à la précédente et peut-être même s'y substituer. La principale est la fonction phagocytaire. Les organes lymphoïdes des Crustacés ne sont pas ou, du moins, sont rarement phagocytaires. Par contre, ceux des Orthoptères et des Annélides sont à la fois phagocytaires et lymphogènes. Enfin, la glande néphridienne des Prosobranches semble être uniquement phagocytaire.

Les organes lymphoïdes des Invertébrés peuvent donc présenter des propriétés diverses; ces propriétés sont celles qui caractérisent les leucocytes. Au point de vue physiologique, comme au point de vue histologique, un organe lymphoïde n'est donc rien autre qu'un amas leucocytaire.

§ 2. — Évolution de l'appareil lymphoïde.

Très variable est la position des organes lymphoïdes chez les Invertébrés : au voisinage des néphridies, chez les Annélides; du cœur, chez les Insectes; de la chaîne nerveuse, chez les Scorpions; dans l'orbite, chez les Céphalopodes, etc. Leur nombre, leur volume sont également sujets aux variations les plus étendues, même chez des animaux voisins. Il n'est pas d'appareil qui soit plus polymorphe. Cela se conçoit dans une certaine mesure. La nature même des fonctions dont l'appareil lymphoïde est chargé ne limite étroitement ni la forme, ni la position des organes qui le composent. Aussi semble-t-il que les circonstances les plus accidentelles peuvent déterminer la position des organes lymphoïdes. On observe, par exemple, au voisinage de la néphridie des Oligochètes, des amas de leucocytes vraisemblablement attirés là par le jeu des cils de l'entonnoir. Ces amas pourraient-ils acquérir la structure du tissu lymphoïde typique? C'est bien ce qu'il semble s'être produit chez les Annélides errantes, qui possèdent des organes lymphoïdes associés aux néphridies.

Nous pourrions multiplier les exemples analogues. Mais nous préférons insister sur des faits d'un ordre inverse. Il est, en effet, permis de penser que, malgré les variations de détail que nous venons de signaler, l'évolution de l'appareil lymphoïde a dû se faire suivant des règles déterminées.

Il est très vraisemblable que la première différenciation du tissu lymphoïde a dû être, en quelque sorte, diffuse. Si l'on suppose qu'un certain nombre des leucocytes qui se déplacent dans le mésenchyme de tout animal deviennent le centre de formation d'un nodule de tissu lymphoïde, on aura, je crois, une image exacte du premier état de différenciation de l'appareil lymphoïde. Ce stade est presque réalisé chez les Stomatopodes. Bruntz a, en effet, découvert l'organe lymphoïde de la Squille, et l'a décrit comme formé de petits nodules répandus en grand nombre dans la partie ventrale de l'abdomen et des trois derniers anneaux du thorax.

Mais, si l'on s'adresse à d'autres Crustacés, comme l'Écrevisse, on constate que les nodules se sont rassemblés en un organe unique, mais volumineux, étalé à la surface dorsale de l'estomac, la glande stomacale. Çà et là, on peut parfois observer des nodules égarés et isolés dans le tissu conjonctif, ce qui rappelle la disposition de la Squille.

Il est peu douteux que la disposition concentrée de l'Écrevisse ne dérive de la constitution diffuse de la Squille. Mais nous pensons, en outre, qu'il y a là une manifestation d'une loi générale réglant l'évolution de l'appareil lymphoïde des Invertébrés.

C'est ainsi que certaines Annélides errantes possèdent une paire d'organes lymphoïdes dans chaque segment. Au contraire, les Térébellides, qui sont des sédentaires et, par conséquent, des animaux plus spécialisés, n'ont plus que quelques paires d'organes assez volumineux, logés dans le thorax au voisinage des pavillons des néphridies. De même encore, les Myriapodes Chilopodes possèdent, d'après Duboscq, un grand nombre de petits organes lymphoïdes disséminés, qu'il a découverts et nommés corpuscules de Kovalewsky. Les Insectes, qui dérivent plus ou moins directement des Myriapodes et qui, en tout cas, représentent des animaux plus évolués, n'ont plus qu'un petit nombre d'organes lymphoïdes assez volumineux logés dans l'abdomen au voisinage du cœur.

Digitized by Google

Ainsi donc, en passant d'un groupe d'animaux généralisé à un groupe spécialisé, on voit diminuer le nombre des organes lymphoïdes et croître leur importance. Telle semble être, en effet, la règle suivant laquelle évolue l'appareil lymphoïde des Invertébrés. D'abord diffus, il se concentre en organes plus ou moins nombreux, dont le lieu d'élection, très variable, est déterminé par les circonstances les plus accessoires. La concentration se continue d'ailleurs de telle manière que, chez les types les plus évolués, on ne trouve plus qu'un très petit nombre d'organes lymphoïdes volumineux.

III. — Rôle physiologique des leucocytes.

Les fonctions exercées par les leucocytes, qu'ils soient libres ou associés en organes, sont très variables : phagocytose, excrétion, sécrétion de zymases, etc. Nous voulons simplement attirer l'attention sur une de leurs propriétés, très importante peut-être, mais assurément très peu connue. Quelle est la signification physiologique des granulations leucocytaires? Peu d'auteurs ont pensé qu'elles pussent être des produits de réserve. Les Vertébrés se prêtent mal à des recherches sur ce sujet. Blumenthal, cependant, est arrivé par l'expérience à une semblable notion. Les « éosinophiles » des Vertébrés (Grenouille, Cobaye) se multiplient chez les animaux bien nourris. Inversement, Stéphan a observé la dissolution des granulations éosinophiles du Protoptère, durant la période d'hivernage.

Les Invertébrés offrent des faits bien plus significatifs. Les études sur la métamorphose des Insectes nous ont fait connaître le sort des sphérules du corps adipeux, entièrement comparables, comme nous le savons, aux granulations leucocytaires. Ces formations se développent lentement durant la période larvaire, et sont dissoutes au moment de la métamorphose. Mais voici un autre exemple plus remarquable encore. Caullery et Mesnil ont étudié l'évolution des leucocytes chez les Cirratuliens. Elle est entièrement comparable à celle des cellules adipeuses des Insectes. Durant une première phase, les leucocytes sont le siège d'une précipitation de substances albuminoïdes qui aboutit à la formation de granulations acidophiles. Puis, au moment de la maturation des produits génitaux, ces granulations disparaissent rapidement. Cuénot, de même, a signalé la disparition du contenu des cellules sphéruleuses de l'Écrevisse, à la suite du jeûne.

Ces faits m'ont engagé à entreprendre diverses expériences sur un crabe (*Carcinus mœnas Penn.*). Ayant conservé des crabes complètement privés de nourriture, j'ai pu constater la disparition progressive des leucocytes granulés. Les granulations se dissolvent peu à peu et tous les stades de ce phénomène s'observent aisément. L'expérience inverse réussit non moins nettement. Les crabes préalablement inanitiés étaient ensuite très abondamment nourris; dans ces conditions, les leucocytes sont le siège de phénomènes complexes, parmi lesquels on peut démêler la réapparition des granulations. L'abondance des granulations est donc *en relation directe avec l'état de nutrition de l'animal.* N'est-il pas permis de conclure, avec quelque vraisemblance, à la nature de réserve de ces formations?

Un phénomène bien particulier aux Arthropodes vient confirmer cette conclusion. Au moment de la mue, le nombre des leucocytes granulés diminue dans une proportion considérable. C'est qu'en effet les crabes cessent de manger quelques jours avant l'exuviation. La privation de nourriture se continue jusqu'à ce que le nouveau tégument, suffisamment calcifié, ait acquis une certaine résistance. Le crabe qui mue passe donc par une période de jeûne qui explique la disparition partielle des granulations.

Ainsi, aux propriétés déjà connues des leucocytes, il faut peut-être ajouter *la mise en réserve des matières albuminoïdes.* Certainement, tous les tissus perdent, dans l'inanition, plus ou moins de leur substance. Il y a lieu cependant de remarquer que les leucocytes granuleux sont, à l'état normal, extrêmement nombreux et que la masse de substance représentée par les granulations est considérable. Si je ne craignais de me suggestionner, je conclurais volontiers que l'une des fonctions du système lymphoïde est de servir, en quelque sorte, de réservoir, où viennent s'accumuler les substances albuminoïdes, entre l'époque de leur introduction dans l'organisme et celle de leur utilisation. Je livre cette idée, laissant à l'avenir le soin de préciser la part de vérité qu'elle peut contenir.

IV. — Conclusions.

Si fragmentaires que soient nos connaissances sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés, nous pouvons cependant, comme on l'a vu, nous faire une idée de l'ensemble de leurs caractères histologiques, physiologiques et évolutifs. Les éléments lymphoïdes comptent parmi les plus instables de l'organisme. Chargés de multiples fonctions, ils évoluent rapidement, dégénèrent et se renouvellent continuellement. Fait remarquable, les notions acquises au sujet des Invertébrés sont très souvent superposables à celles qui sont devenues classiques chez les Vertébrés. Bien des faits d'évolution ou de structure sont comparables jusque dans les détails, ce qui est, en quelque sorte, une manifestation morphologique d'une identité de fonctions.

Max Kollmann,
Agrégé des Sciences naturelles,
Préparateur au Muséum.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Montessus (R. de), *Docteur ès Sciences, Lauréat de l'Institut de France.* — **Leçons élémentaires sur le Calcul des Probabilités.** — 1 *vol. in-8° de* 191 *pages* (*Prix* : 7 *fr.*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Dans sa préface, M. de Montessus nous dit que son livre a pour but « d'initier les curieux des choses savantes à l'étude du Calcul des Probabilités et de leurs applications ».

En effet, tout ce qui est essentiel dans la théorie des probabilités est exposé ou résumé dans l'ouvrage, mais la tendance de l'auteur a vraisemblablement été de faire la philosophie de la théorie des chances.

Ce n'est donc pas, à vrai dire, un livre pour les commençants, et il faut être quelque peu initié aux subtilités philosophiques pour suivre l'auteur, surtout dans les premières pages, consacrées à la définition du « hasard », chose vraiment peu facile. La définition proposée ne satisfera probablement pas tous les mathématiciens; mais, heureusement, la théorie des probabilités ne repose pas sur elle, et, sauf cette petite critique, on peut féliciter M. de Montessus de présenter un livre fort curieux et rempli d'aperçus personnels très intéressants : c'est ainsi que l'auteur, considérant le théorème de Bernoulli comme un résultat d'expérience, l'énonce dès le premier chapitre; l'idée est fort heureuse et il serait à souhaiter qu'elle fût adoptée dans les cours de probabilités.

Citons enfin la conclusion du dernier chapitre :

« Le Calcul des Probablités peut être appliqué aux Sciences morales et politiques, en tant que celles-ci sont basées sur des statistiques bien faites.....

Il nous semble que la définition même de la probabilité la plus généralement adoptée, qui ne s'applique qu'à des événements tous *également possibles*, convient assez mal aux événements économiques et moraux pour lesquels des régimes douaniers, des lois « sociales », et autres, peuvent rendre impossibles la répétition dans l'avenir.

En résumé, ce livre doit être considéré comme une bonne introduction aux ouvrages savants et il contient d'excellentes choses fort bien dites.

A. Barriol,
Actuaire,
Directeur de l'Institut des Finances et des Assurances.

Bazard (A.), *Professeur de Mécanique à l'Ecole d'Arts-et-Métiers de Cluny.* — **Cours de Mécanique.** *Tome I* : **Mécanique théorique.** 1 *vol. in-8° de* 507 *pages avec* 443 *fig.* (*Prix* : 10 *fr.*). — *Tome II* : **Mécanique appliquée.** (Résistances passives, Résistance des matériaux, Statique graphique.) 1 *vol. in-8° de* 536 *pages avec* 426 *fig.* (*Prix* : 10 *fr.*). — *Tome III* : **Hydraulique.** 1 *vol. in-8° de* 532 *pages avec* 299 *fig.* (*Prix* : 10 *fr.*) *E. Bernard, éditeur*, 1, *rue de Médicis, Paris*, 1907-08.

Cet ouvrage est le développement du Cours de Mécanique que l'auteur professe depuis de longues années aux Ecoles d'Arts-et-Métiers, d'abord à Châlons et à Angers, puis à Cluny. Il est conçu dans un esprit très pratique, avec de nombreuses applications numériques à la fin de chaque chapitre, et une série de problèmes dont l'auteur donne les réponses. Il sera consulté avec fruit non seulement par les élèves auxquels il est destiné, mais encore par de nombreux ingénieurs.

Pujol (R.), *Capitaine du Génie, ancien Professeur adjoint du Cours de Construction de l'Ecole d'Application de l'Artillerie et du Génie.* — **Maçonnerie. Les Matériaux.** — 1 *vol. de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Gauthiers-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Dans le but de fixer les conditions d'exécution d'une maçonnerie, l'auteur étudie successivement la recherche et le choix des matériaux, leur adaptation aux différentes parties de la construction, leur association, leur agencement, leur mise en œuvre. La première partie, recherche et choix des matériaux, l'occupe seule dans le tome que nous analysons, et qui doit être suivi d'un second. Ces matériaux ne sont d'ailleurs que ceux des maçonneries ordinaires : *pierres naturelles et artificielles, liants de diverses natures* (chaux, ciments, plâtre...); ils ne comprennent pas le *fer*, qui joue un si grand rôle dans la construction moderne, à cause du développement qu'y prend le *ciment armé*, auquel a été déjà consacré un volume de l'Encyclopédie des Aide-mémoire.

Le choix des matériaux est facile en France, où les principales carrières sont connues et cataloguées, où des laboratoires d'essais parfaitement outillés contrôlent, s'il en est besoin, les matériaux artificiels. Aux colonies, la tâche est plus délicate : obligé le plus souvent de construire avec les ressources trouvées sur place, l'architecte doit savoir rechercher, extraire ou fabriquer ses matériaux. Pour la lui faciliter, l'ouvrage donne quelques notions sommaires de géologie, et les procédés élémentaires de l'industrie des briques et des chaux, destinés à permettre au constructeur, soit de perfectionner les procédés indigènes, soit d'improviser une fabrication de fortune.

Le chapitre II étudie les pierres *naturelles*, leurs caractères et propriétés, leurs principales variétés, leurs modes d'extraction et de travail.

Dans le chapitre III, consacré aux pierres *artificielles*, l'auteur s'occupe des briques d'argile, à base de silicate de chaux ou de liège, des pierres artificielles en béton, des matériaux de revêtements.

Le chapitre IV est consacré aux chaux, ciments, plâtres, mastic bitumineux.

L'ouvrage se termine par un tableau des densités et des résistances de quelques pierres parmi les plus connues.

Composé avec art et méthode, il fait une large place aux considérations pratiques, à côté des exposés théoriques succincts destinés à les éclairer.

Gérard Lavergne,
Ingénieur civil des Mines.

2° Sciences physiques

Poincaré (Lucien), *Inspecteur général de l'Instruction publique.* — **L'Electricité.** — 1 *vol. in-8° de* 297 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Bibliothèque de Philosophie scientifique. Ernest Flammarion, éditeur. Paris*, 1908.

Dans son ouvrage d'ensemble sur la Physique moderne et son évolution, dont la *Revue* a rendu compte récemment, M. L. Poincaré s'est abstenu de traiter des modes de production et d'utilisation des courants électriques; il n'a pas conduit non plus son lecteur dans le champ, si vaste et si activement cultivé depuis trente ans, des applications et de l'Electrotechnique. Dans ce nouvel ouvrage, il nous convie à la visite du domaine aux portes duquel il nous avait laissés.

Digitized by Google

M. L. Poincaré a voulu écrire, et il a écrit, un livre qui donnât au public éclairé une idée d'ensemble de l'Electricité, considérée dans son évolution, surtout depuis la découverte de la pile, et dans le rôle multiple qu'elle remplit dans notre vie moderne, rôle qu'on chercherait vainement à déprécier en le qualifiant d'utilitaire, car les penseurs les plus profonds et les plus détachés des choses de ce monde ne feront pas que les idées et les opinions de la foule, et même les leurs, ne soient commandées surtout par les mœurs et les habitudes de la vie. La philosophie des contempteurs du progrès, s'il y en a, est, en dépit d'eux-mêmes, tout imprégnée de l'esprit du siècle de la vapeur et de l'électricité, et cela même, observe M. L. Poincaré dans sa préface, suffirait à justifier l'apparition d'un ouvrage traitant de l'évolution des industries électriques dans une collection consacrée à des études de Philosophie scientifique.

Le lecteur qui apprendra tout ou presque tout dans ce livre n'appréciera pas le grand intérêt qu'il offre à deux classes de personnes auxquelles l'auteur a pensé d'une façon un peu plus spéciale en l'écrivant : les physiciens, qui, absorbés par les études ou les recherches de science pure, n'ont pas eu le temps de suivre de près le progrès industriel; les ingénieurs, qui, entraînés par la lutte de chaque jour, finissent par avoir plus de foi dans leur activité que dans la rigueur des méthodes et à qui l'on rendra toujours service en leur rappelant que philosopher opportunément aide souvent à vivre. A ceux-ci, M. L. Poincaré rappelle les origines, il leur remet en mémoire ces principes qu'aucune violence ne brise et qu'aucune habileté ne saurait éluder; à ceux-là, il montre l'extraordinaire floraison qu'ont engendrée quelques idées, simples à énoncer sous leur forme générale; remplis déjà d'admiration pour les savants illustres qui ont allumé le phare de la science, ils s'émerveilleront de l'ingéniosité des techniciens.

Philosophique par son objet, l'ouvrage de M. L. Poincaré l'est plus encore par la façon dont l'auteur le traite. Tout le monde a remarqué que l'électricité échappe à nos sens ou, du moins, que les sensations généralement brutales qu'elle peut nous donner ne nous apparaissent pas comme caractéristiques. Comment se fait-il donc que nous soyons parvenus si loin dans l'étude des manifestations d'une cause qui nous échappe ainsi complètement? M. L. Poincaré nous fait très justement observer que, si nous ignorons la véritable nature de l'électricité, nous ne sommes pas en réalité plus avancés en ce qui concerne les autres agents physiques. Nous avons seulement acquis l'habitude de certains phénomènes, au point de les considérer en eux-mêmes sans en rechercher les causes, et, si nous nous demandions pourquoi l'antique sonnette se montre capable d'influencer notre oreille quand on a tiré sur un cordon, nous ne pourrions, en définitive, invoquer qu'une de ces vertus dont riait Molière, et l'appel du tocsin nous paraîtrait tout aussi mystérieux que la sonnerie des téléphonistes. Peut-être même notre infirmité spéciale vis-à-vis de l'électricité, après en avoir longtemps retardé les progrès, est-elle devenue presque un avantage en nous obligeant à raisonner avec plus de rigueur, à chercher les lois réelles des phénomènes; l'abstraction qui est la base de toute science n'a pas été nécessaire, et la notion de potentiel, sortie du cerveau des savants, a été, de naissance, claire et précise, tout au contraire de celle de température, cependant aussi vieille que les premiers animaux un peu complexes et dont nous nous flattons quelquefois, en une phrase inexacte et surannée, d'avoir dès l'enfance une idée simple et naturelle.

Ce livre, on le comprend, est un de ceux qui ne se laissent guère analyser; on ne saurait résumer, par exemple, sans craindre d'omettre quelque chose d'essentiel, les développements que M. L. Poincaré donne à son hypothèse d'un physicien habile et perspicace qui ignorerait tout de l'électricité, mais qui posséderait des aimants et aurait acquis l'idée du champ magnétique. Possédant la notion de l'énergie, telle que nous la concevons aujourd'hui, il serait mis sur la voie de la découverte de l'électricité par cette constatation, bien difficile à la vérité, dit M. L. Poincaré : un aimant puissant serait déplacé au voisinage d'un fil métallique constituant un circuit fermé, et il observerait, par quelque moyen délicat, que ce fil s'échauffe. Il chercherait une explication et se trouverait sur la voie de la découverte de l'Electrostatique. En tout cas, il se trouverait dans la posture où nous avons vu les physiciens modernes vis-à-vis de la radio-activité; il se demanderait si, par extraordinaire, il n'a pas mis le principe de la conservation de l'énergie en échec ou si, après avoir découvert un effet nouveau, il ne doit pas en rechercher encore un autre corrélatif. M. L. Poincaré doue son sujet du génie nécessaire pour arriver à la découverte de ce que nous avons appris par une autre voie; la lecture de ce chapitre suggérera d'utiles réflexions, et le physicien tirera de là un procédé d'exposition de l'Electrodynamique et de l'Electromagnétisme inverse de celui auquel nous a habitués l'ordre historique.

Et si ce physicien ne voyait dans ce renversement qu'un exercice de l'esprit, l'ingénieur penserait sans doute d'une façon différente; car, pour lui, l'induction est actuellement le phénomène fondamental, dont a vécu notre génération, suivant le mot de M. Leblanc, mais les applications aux génératrices et aux moteurs ont été si multiples qu'il convient peut-être de ne plus s'y acharner et de chercher de la nouveauté, qu'on trouvera par exemple dans les tubes à vide. M. L. Poincaré fait sienne, à la fin de son livre, l'opinion du savant ingénieur; il observe que la télégraphie et la galvanoplastie, qui mettaient en jeu des quantités minimes d'énergie, ont précédé les grands transports de force et l'électrométallurgie, et, scrutant l'avenir, il aperçoit le jour où la télégraphie sans fil et l'arc de Cooper Hewitt nous apporteront des applications industrielles et des distributions d'énergie aussi importantes que celles que nous demandons aujourd'hui aux courants dans les conducteurs métalliques et l'arc électrique.

C. Raveau.

Post (J.), *Professeur honoraire à l'Université de Goettingue*, et **Neumann** (B.), *Professeur à la Technische Hochschule de Darmstadt.* — **Traité complet d'Analyse chmique appliquée aux essais industriels.** *Deuxième édition française entièrement refondue, traduite d'après la troisième édition allemande par* M. le Dr L. Gautier. — *Tome II.* 1er *fascicule* : **Chaux, Mortiers et Ciments, Plâtre, Produits céramiques, Verres et glaçures.** — 1 *vol. grand in-8° de* 200 *pages, avec* 99 *figures.* (*Prix* : 6 *fr.*) *Hermann, éditeur, Paris*, 1908.

Les Drs Seger et Cramer, qui ont rédigé ce fascicule, ont, comme on sait, une connaissance très approfondie du sujet. Les essais mécaniques et physiques des chaux, mortiers et produits céramiques comportent des développements qui étonnent au premier abord dans « un traité d'analyse chimique ». Mais l'ouvrage de Post et Neumann est plus et mieux qu'un traité d'Analyse chimique : c'est un recueil d'essais destinés à définir *complètement* les produits de l'industrie.

Les laboratoires industriels, soucieux d'apprécier la valeur des matières au point de vue physique aussi bien que chimique, se serviront utilement de cet ouvrage, où les méthodes ont été choisies et appréciées par des gens de métier.

Citons, parmi les essais physiques les plus intéressants : les essais de résistance des ciments, chaux et argiles, leurs essais de déformations à chaud, de foisonnement et de dilatation, la détermination du degré de recuit, de la perméabilité, du pouvoir agglomérant et de la plasticité.

La mesure de la cuisson des produits céramiques, ainsi que leur degré de fusibilité, ne dépend pas tant

Digitized by Google

de la température du four que de la quantité de chaleur à fournir; de là l'emploi de pyromètres spéciaux (cônes de Séger, etc.), qui sont décrits avec tous les détails désirables.

La partie chimique occupe une plus grande place dans le chapitre consacré aux verres et glaçures. On y trouvera, notamment, outre les essais analytiques destinés à déterminer les compositions des verres, les essais de résistance des verres aux agents chimiques. Les essais au chalumeau, pour établir la présence ou l'absence de certains éléments des verres ou glaçures, sont familiers aux auteurs; aussi tirent-ils un grand parti de cette méthode simple et expéditive.

La traduction et les figures ne laissent rien à désirer. M. Gautier fait figurer dans un appendice l'arrêté ministériel de juin 1902 concernant les fournitures de ciment et de chaux hydrauliques, destinés à l'exécution des travaux dépendant de l'Administration des travaux publics en France.

A. Hollard,
Chef du Laboratoire central
des Usines de la Cie française des Métaux.

3° Sciences naturelles

Thoulet (J.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.* — **Instruments et opérations d'Océanographie pratique.** — 1 *vol. in-8° de* 186 *pages avec* 59 *figures dans le texte. Librairie militaire R. Chapelot et Cie. Paris*, 1908.

Ce nouvel ouvrage d'un auteur bien connu pour ses travaux océanographiques est, comme l'indique le titre, écrit dans un but essentiellement pratique. Une première partie est consacrée à la Météorologie, dont l'étude est indispensable à l'Océanographie. Comme pour les autres chapitres, M. Thoulet donne, à un point de vue purement pratique, en dehors des considérations théoriques, l'exposé des méthodes d'observation et la description des instruments avec les renseignements nécessaires pour leur emploi, y compris les tables et les formules à utiliser.

Dans un deuxième chapitre sont présentés, dans le même esprit, les divers instruments accessoires tels que boussole, théodolite, sextant, etc.

Les observations océanographiques proprement dites sont à leur tour traitées d'après le même plan : sondages, étude des échantillons du fond ; bouteilles à eau, thermométrie, transparence et couleur, densité et compressibilité de l'eau de mer. Etude des mouvements : vagues, courants, marées, etc.

Ce livre, écrit d'une plume autorisée, ne saurait être trop recommandé à tous ceux qui se proposent de travailler à la mer et d'étudier ensuite au laboratoire les matériaux qu'ils auront recueillis eux-mêmes.

Dr J. Richard,
Directeur du Musée océanographique
de Monaco.

Burton (A.-R.-G.-S.). — **Cape Colony to day.** — 1 *vol. in-8° de* 316 *pages avec nombreuses figures et cartes. Cape Government Railway Department, Cape Town*, 1907.

Cet ouvrage constitue un guide à travers la colonie du Cap de Bonne-Espérance, publié par le Département des Chemins de fer du Gouvernement. En dix tours combinés, le voyageur visite successivement tous les endroits intéressants du pays, du Cap, à l'Ouest, à Port-Elisabeth, à l'Est, et à Mafeking, au Nord; sur chacun d'eux, l'ouvrage donne des renseignements détaillés, illustrés de très belles photographies.

Le volume se termine par un aperçu d'ensemble sur la colonie, où l'auteur décrit brièvement les divisions géographiques, le climat, la faune et la flore, les indigènes, les industries, les mines, les forêts et les transports.

Vuillemin (Paul), *Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.* — **Les bases actuelles de la Systématique en Mycologie.** — 1 *br. in-8° de* 170 *pages* (tiré à part du *Progressus rei botanicae*, II, 1907). *Gustave Fischer, éditeur, Iéna.*

Il n'est peut-être pas une branche de la Botanique qui ait fait autant de progrès, dans ces vingt dernières années, que l'étude des végétaux inférieurs, en particulier des Champignons. Bornée longtemps aux seules études de morphologie externe, ou du moins n'empruntant le secours du microscope que pour l'étude des moisissures et des spores des grands champignons, la Mycologie entra dans une voie nouvelle le jour où l'on appliqua aux organismes fongiques les méthodes de culture instituées par Pasteur pour l'étude des Bactéries, ainsi que les procédés d'obtention des coupes fines et de coloration imaginés pour l'examen des tissus animaux. De purement descriptive et, si l'on peut ainsi parler, de « floristique » qu'elle était jadis, la Mycologie est devenue biologique et histologique. Le laboratoire moderne, avec son outillage complexe, est venu s'adjoindre à la loupe et au microscope dont se contentaient les Desmazières, les Montagne et les Tulasne : d'observateur, le mycologue s'est fait expérimentateur.

On conçoit que les progrès réalisés de ce chef dans nos connaissances sur la structure et la biologie des Champignons aient amené, dans les classifications anciennes, des changements importants. Sans doute, les caractères primordiaux, tels que la distinction entre la baside et l'asque, énoncée par Léveillé en 1840, n'ont pas encore cessé de constituer la base solide du Système mycologique; mais de nombreux remaniements se sont accomplis dans les subdivisions des grands ordres, à la lumière de la Biologie et de la Cytologie.

Alliant une érudition étendue à une faculté de généralisation des plus remarquables, M. Vuillemin s'est proposé de rechercher la part d'influence qu'avaient eue ou pourraient avoir, sur les classifications mycologiques actuelles ou futures, les travaux les plus importants des mycologues contemporains. On comprendra qu'il soit impossible d'analyser fidèlement un Mémoire qui est lui-même un résumé critique des travaux des mycologues de tous les pays, résumé que tous les mycologues voudront lire. Aussi nous contenterons-nous d'en faire connaître ici les points les plus importants.

Les travaux cytologiques récents tendraient à restituer aux spermaties, considérées naguère comme des sortes de conidies de germination difficile, le rôle d'organes fécondateurs que Tulasne (1856) et Stahl (1877) avaient cru leur reconnaître. On trouve souvent, en effet, les spermaties accolées aux trichogynes de divers Lichens et Champignons (Laboulbéniacées). Tout en reconnaissant que le trichogyne peut être un organe respiratoire (Van Tieghem), ou perforant (Lindau), Vuillemin estime qu'il n'existe pas de faits positifs à opposer à son origine sexuelle.

Dans un autre chapitre, l'auteur s'élève contre les théories trop exclusives qui font, dans la cellule reproductrice, tout rapporter au noyau, le rôle directeur dans la division cellulaire étant dévolu au centrosome : il est vrai que ce corpuscule n'a pas été trouvé dans tous les Champignons[1], mais ce n'est pas une preuve de sa non-existence.

On sait que, pour Dangeard, la fusion nucléaire qui précède la formation de l'asque s'effectue sans qu'il existe de communication entre l'ascogone et le pollinode, opinion contredite par Harper : les deux auteurs ont d'ailleurs observé l'un et l'autre le *Sphaerotheca Castagnei*. M. Vuillemin, avec raison selon nous, évite de prendre parti pour l'un ou pour l'autre des deux

[1] Nous l'avons signalé en 1899 dans deux Mucédinées (*Penicillium glaucum*, *Sterigmatocystis auricoma*); Beauverie et Guilliermond ont depuis figuré, dans le *Botrytis cinerea*, des corpuscules paranucléaires qui nous semblent être également des centrosomes.

Digitized by Google

éminents observateurs. « La fusion dangeardienne » indiquerait probablement une tendance à l'apogamie; il existe, d'ailleurs, de pareilles fusions en dehors, semble-t-il, de tout acte sexuel (promycélium des Ustilaginées, anastomoses interconidiennes de l'*Ustilago Tragopogonis-pratensis*). Davis et Nemec considèrent que la fusion nucléaire ne suffit pas, à elle seule, à caractériser l'acte sexuel, dont le critérium repose, non sur la fusion elle-même, mais sur l'histoire des éléments qui se fusionnent. M. Vuillemin, contrairement à ces auteurs, pense que la fusion, même lorsqu'elle s'observe dans des organes purement végétatifs, dénote une polarité inverse des noyaux qui s'unissent, c'est-à-dire une sexualité : c'est là une opinion moyenne qui semblera plus près de la vérité. Ajoutons que les récents travaux de Delage sur la mérogonie devraient faire accorder au protoplasme un rôle plus important que celui qu'on lui reconnaît actuellement, surtout en Cytologie mycologique.

La différence entre le sporange des Mucorinées et l'asque des Ascomycètes n'a pas toujours la netteté qu'elle présente dans les cas extrêmes (absence d'acte sexuel et d'épiplasme à l'origine des sporanges). En effet, les *Ascoidea*, les *Taphridium*, etc., tantôt possèdent un épiplasme, tantôt en sont dépourvus; dans les *Hemiasci*, on ne peut distinguer les organes sexuels. Il nous faut donc reconnaître que, comme au temps de Léveillé, nous ne connaissons pas de différence fondamentale entre l'asque et le sporange; mais l'habitus et les caractères de l'appareil végétatif permettent de rapporter sans hésitation le Champignon à l'ordre auquel il appartient.

C'est avec la plus grande prudence que l'on doit appliquer à la classification les caractères tirés de la position interne ou externe des spores, maintenant que nous savons qu'il existe tous les intermédiaires entre la spore libre dans un tube et la spore adhérente à la paroi de celui-ci. D'après Bessey, la baside ne diffère de l'asque que par le fait de l'émigration des noyaux basidiens dans des diverticules (spores externes), ce qui a pour but de faciliter la dissémination : mais Vuillemin fait remarquer avec raison que, chez certains Hypogés, il existe aussi des basides, ce qui rend peu vraisemblable l'hypothèse de Bessey. Les travaux récents sur la cytologie de la baside présentent, au point de vue taxinomique, un certain intérêt, car, dans quelques cas (*Paxillus*, *Cantharellus*, etc.), l'étude de la division nucléaire dans cet organe a permis de classer les genres aberrants à leur véritable place. Dans certains groupes (Gastéromycètes), les données de cette nature ne sont pas assez nombreuses et précises pour permettre des généralisations, et l'étude des conditions biologiques nous en apprendra plus que les investigations des cytologistes.

La couleur des spores des Agaricinées, base de la classification friesienne, est bien déchue de son importance depuis les travaux des histologistes. Déjà Roze, Forquignon, etc., avaient montré le parallélisme qui existe entre les groupes friesiens : actuellement, on tend à ne plus se servir de la couleur des spores que pour distinguer des sections dans les genres solidement établis d'après les caractères anatomiques. L'importance du rôle des cystides en classification semble, au contraire, s'accroître; les récents travaux montrent que ces organes permettent de séparer, sinon des genres, tout au moins des sections. Quant au stroma, les caractères ne doivent en être invoqués par le classificateur qu'avec la plus grande prudence, comme le montre l'étude des cultures artificielles, dans lesquelles le stroma revêt des aspects si variés. Nous ajouterons qu'il en est de même pour la pycnide, qui n'est en somme qu'une cavité creusée dans le stroma.

De sa longue étude si documentée, M. Vuillemin arrive à conclure que, si la Science s'est enrichie d'une prodigieuse quantité de faits nouveaux touchant la morphologie, l'anatomie et la cytologie des Champignons, nous ne possédons pas encore de caractères d'ensemble permettant de réaliser une classification phylogénétique. Plus on creuse l'étude de certains groupes (Myxomycètes, Monoblépharidées, Laboulbéniacées, etc.), plus on découvre ou l'on croit découvrir de points de connexion entre les Champignons et les autres êtres vivants, Algues et même animaux.

Que l'on considère les Champignons comme un groupe autonome ou comme une réunion d'êtres d'origine disparate, on doit reconnaître, du moins, que la facilité avec laquelle ils se prêtent aux recherches expérimentales en fait des matériaux de choix pour les études biologiques.

F. Guéguen,
Docteur ès sciences,
Professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de Paris.

4° Sciences médicales

Huchard (H.), *Membre de l'Académie de Médecine, Médecin des Hôpitaux.* — **Les maladies du cœur et leur traitement.** — 1 *vol. de* 230 *pages.* (*Prix* : 5 *fr.*) *J. B. Baillière, éditeur. Paris*, 1908.

L'éminent clinicien a réuni, dans un petit volume de 230 pages, neuf leçons sur les principales choses « qu'il faut savoir au point de vue pratique dans l'étude des maladies du cœur ». Cinq d'entre elles visent presque uniquement le traitement des affections cardiaques et la dernière la thérapeutique générale.

La première leçon est véritablement une profession de foi. Débarrassant largement le sujet de tous les incidents, construisant son œuvre par larges assises, M. Huchard isole de parti pris le fait capital pour le médecin. Il montre le phénomène saillant, l'objet de la préoccupation immédiate du malade. C'est sur lui qu'il appuie le diagnostic et surtout le pronostic, qui au fond intéresse seul le patient. Ce qui frappe dans cet enseignement, c'est le parallélisme parfaitement établi entre le souci du malade et le souci du médecin, la prédominance donnée aux troubles fonctionnels sur la lésion anatomique, la distinction faite entre l'intensité et la gravité d'une lésion. C'est l'essence même de la Clinique.

Ecrites dans une langue claire et alerte, les leçons de M. Huchard se lisent d'affilée : on se laisse entraîner par la belle allure du maître sans s'apercevoir que le temps passe.

Avec une sûre maîtrise, il redresse les doctrines qu'il tient pour erronées. Il les attaque avec une ardeur extrême et d'excellents arguments. Dans cette guerre aux erreurs qu'il livre dans toute la première moitié de l'ouvrage, il s'adonne à une irascibilité de bon aloi, convaincue et convaincante. Mais la thérapeutique lui rend cette sérénité de la pensée qu'il va retrouver entière dans sa dernière leçon.

Le livre de M. Huchard intéresse également le praticien, le malade instruit et son entourage. D'où son utilité plus générale que d'ordinaire. Nous ne sommes plus au temps de l'herméticité médicale : un malade suit mieux une prescription quand il en comprend l'avantage.

Tous relèveront ici avec satisfaction le dégagement, le reniement pratique des doctrines infimes. M. Huchard a considéré la clinique thérapeutique des cardiopathies avec le jugement d'un homme d'une expérience assurée. On sent qu'il l'a acquise patiemment, et qu'enthousiaste passionné, il a risqué mille essais, essuyé bien des revers et qu'il s'est réjoui de ses victoires. Des choses, en vrai médecin, il a pris l'enseignement profond, qui élargit l'esprit, mène à un éclectisme indulgent et maintient l'espérance.

C'est l'impression que laisse cet ouvrage. Aussi, après en avoir lu toutes les pages, je ne l'ai pas empilé sur ses congénères, mais j'ai porté ce petit livre sur le rayon de ma bibliothèque où reposent les livres éternels de la Médecine. M. Huchard connaît trop mon détachement pour douter que ma louange soit sincère.

Dr A. Létienne.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 17 Août 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Darboux** poursuit l'exposé de ses recherches sur un problème relatif à la théorie des systèmes orthogonaux et à la méthode du trièdre mobile. — **M. P. Cousin** présente quelques considérations sur les fonctions périodiques.

2° Sciences physiques. — **M. H. Deslandres** explique les phénomènes de second crépuscule signalés par M. Durand-Gréville en supposant l'émission, par le Soleil, de rayons ultra-violets de longueur d'onde inférieure à 0μ,1, à grand indice de réfraction et excitant la phosphorescence des particules atmosphériques. — — **M. J. Violle** signale un orage à grêle, observé dans le Vaucluse, qui a suivi le parcours d'une ligne d'énergie électrique à 45.000 volts. Il paraît hors de doute que la ligne a conduit l'orage. — **Mme S. Curie** a reconnu que la formation de brouillards en présence de l'émanation du radium est due à la formation, dans le gaz, sous l'action de l'émanation, de composés chimiques susceptibles d'absorber la vapeur d'eau jusqu'à formation de gouttelettes. — **M. P. Malvezin** estime que les raisins contiennent une matière chromogène unique, qui subit des transformations successives sous l'influence simultanée de l'air, de la chaleur et de la lumière, en présence de diastases spécifiques.

3° Sciences naturelles. — **M. Répin** a constaté que la propriété de certaines sources d'engendrer le goître endémique disparaît quand l'eau a circulé un certain temps. Cette disparition paraît être en rapport étroit avec la perte des propriétés radio-actives de ces eaux. — **Mlle D. L. Mackinnon** et **M. F. Vles** montrent que les éléments contractiles se divisent en deux groupes au point de vue de leurs réactions entre nicols croisés : l'un dont l'éclairement est dû à la biréfringence (éléments musculaires en général), l'autre dont l'éclairement est dû à de la dépolarisation (cils-flagelles). — **M. P. Hallez** a observé que les noyaux des cellules lécithogènes des *Rhabdocœles* se transforment en constituant des cellules de revêtement de l'embryon. — **M. F. Guitel** a trouvé le pronéphros persistant jusque chez l'adulte dans quatorze espèces de Téléostéens. — **M. A. Legault** présente ses recherches anatomiques sur l'appareil végétatif des Géraniacées, qui se distingue par des caractères très nets. — **M. P. Marty** a étudié la florule fossile de Lugarde (Cantal); c'est avec la flore du Miocène supérieur qu'elle montre le plus d'affinité. Il en résulte que le basalte qu'elle recouvre date de la même époque, et non du Pliocène supérieur comme on le croyait.

Séance du 24 Août 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Darboux** termine l'exposé de ses recherches sur un problème relatif à la théorie des systèmes orthogonaux et à la méthode du trièdre mobile. — **M. A. Demoulin** : Sur la théorie des lignes asymptotiques. — **M. G. Rémoundos** : Sur les zéros des intégrales d'une classe d'équations différentielles. — **M. Haag** : Sur la variation de deux surfaces réglées. — **M. J. Guillaume** présente ses observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le deuxième trimestre de 1908. La production des taches a été plus grande que dans le trimestre précédent; les facules ont également augmenté en nombre et en étendue. — **M. E. Esclangon** résume les observations qu'il a faites, de 1902 à 1908, sur les illuminations crépusculaires. Les couleurs qui se succèdent après le coucher du Soleil sont le rose, le jaunâtre et le bleu verdâtre. Elles pourraient s'expliquer par un phénomène de résonance optique exercée par les particules en suspension dans l'atmosphère.

2° Sciences physiques. — **M. H. K. Onnes** est parvenu à liquéfier par expansion l'hélium comprimé à 100 atm. et refroidi à 15° absolus par l'hydrogène liquide s'évaporant sous une pression de 6 centimètres. Il bout à 4°,5 absolus. La densité de l'hélium liquide est de 0,154. — **M. F. Ducelliez**, par l'action de $AsCl^3$ ou d'As sur le cobalt, a obtenu différents arséniures : Co^3As^2, CoAs, Co^2As^3 et $CoAs^2$. Ces corps se forment avec une forte contraction. — **M. Em. Vigouroux**, en faisant réagir $AsCl^3$ sur Ni, a obtenu, outre Ni^2As^2 déjà connu, le corps AsNi existant dans la nature. Ces corps, chauffés avec As dans un courant d'H, forment $NiAs^3$. — **M. L. Henry** a constaté que la méthylation du glycol éthylénique provoque un abaissement du point d'ébullition et une augmentation de la volatilité, tandis que la méthylation de l'éthylène produit l'effet contraire. Chez les éthers chlorhydriques et les éthers-oxydes du glycol éthylénique, la méthylation diminue la volatilité. — **M. M. François** a étudié les procédés de préparation de la monométhylamine. Celui de Brochet et Cambier (AzH^4Cl et formol) donne un produit impur; celui de Hoffmann (par l'acétamide bromé) donne un produit pur, mais le rendement ne dépasse pas 35 °/₀.

3° Sciences naturelles. — **M. W. Lubimenko** montre que le développement normal des graines exige une atmosphère confinée et que l'une des fonctions du péricarpe consiste à maintenir à cette atmosphère une composition d'une certaine stabilité. — **M. L. Matruchot** a observé que les masses sclérotiformes que produisent en abondance les cultures artificielles de Morilles existent normalement dans la Nature; par ces masses, le mycélium souterrain de la Morille se met en relation avec des racines d'arbres (Orme) et forme avec celles-ci de véritables mycorhizes. — **M. G. Perrin** a constaté que les conditions extérieures ont une grande influence sur le développement et la sexualité des prothalles de Polypodiacées. Les formes obtenues par les cultures en serre ne sont pas fixes et ne peuvent servir à établir une classification. — **MM. G. Griffon** et **Maublanc** ont étudié la maladie connue sous le nom de blanc du chêne, qui s'est répandue cet été sur une grande partie de la France. Elle est due à une moisissure du genre *Oidium*, peut-être le *Microsphaera Alni*; la lutte est très difficile. — **MM. Ed.** et **Et. Sergent** ont observé, chez les sporozoïtes murs de *Plasmodium relictum*, deux masses chromatiques, l'une vers le milieu du corps, l'autre à l'une des extrémités.

Séance du 31 Août 1908.

M. le Président annonce à l'Académie le décès de **M. H. Becquerel**, secrétaire perpétuel, et de **M. E. Mascart**, membre de la Section de Physique.

1° Sciences mathématiques. — **M. A. J. Stodolkievicz** présente ses recherches sur le problème de Pfaff. — **M. P. Cousin**, poursuivant l'étude des fonctions périodiques, démontre le théorème suivant : Si une fonction méromorphe triplement périodique est liée à ses deux dérivées partielles du premier ordre par une relation algébrique, en effectuant sur les variables une substitution linéaire convenablement choisie, on ramène ladite fonction à une fonction rationnelle de e, les coefficients étant des fonctions Θ de la seule variable x.

2° Sciences physiques, — **M. H.-C. Woltereck** a constaté que AzH^3 pur et sec ne commence à se dissocier

Digitized by Google

qu'à partir de 620° C., et en présence de Fe à 320°. La dissociation de CO seul commence entre 570° et 580° C.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Laveran** montre que des Caprins ayant acquis une immunité solide pour le *Trypanosoma Congolense* s'infectent par le *Tr. dimorphon* et présentent des accidents graves, voire mortels, d'où l'on peut conclure que ces deux organismes constituent des espèces distinctes. — **MM. A. Thiroux** et **L. d'Anfreville** ont constaté que le sérum humain a, vis-à-vis du *Tr. Pecaudi*, une action préventive et curative manifeste. Le *Tr. Pecaudi* et le *Tr. gambiense* constituent deux espèces distinctes. — **M. Boudier** se demande si le parasite qui produit le blanc du chêne ne serait pas l'*Erysiphe Quercus*, signalé par Mérat il y a plus de soixante ans.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 7 Mai 1908.

La Société procède à l'élection annuelle de 15 membres nouveaux. Sont élus : MM. **W. Barlow**, comte de **Berkeley**, **D. Clerk**, **A. Dendy**, **H. H. Dixon**, **J. S. Gardiner**, **W. Gowland**, **J. H. Grace**, **D. J. Hamilton**, **Ch. J. F. Major**, **E. N. Neville**, **W. H. Rivers**, **B. A. W. Russell**, **O. Stapf** et **J. F. Thorpe**.

M. L. H. Walter présente un *détecteur d'ondes au tantale, applicable à la télégraphie et à la téléphonie sans fil.* L'auteur a trouvé que le tantale donne avec le mercure un détecteur d'ondes beaucoup plus sensible que celui qu'on obtient avec le fer et le mercure. Le tantale, sous forme de fil fin terminé en pointe, plonge dans un godet de mercure, de façon que la pointe soit juste immergée. On applique au dispositif une différence de potentiel extérieure de 0,2 à 0,4 volts, la pointe de tantale étant reliée à l'électrode négative. Le niveau du mercure est ajusté pendant que les récepteurs téléphoniques sont reliés avec le détecteur ; cet ajustement, une fois bien établi, est définitif. Le dispositif complet est scellé hermétiquement dans un globe en verre, où l'on peut faire le vide. Ce détecteur a été essayé dans diverses stations de télégraphie sans fil ; pour des signaux pas trop faibles, le son est plusieurs fois plus intense qu'avec le détecteur électrolytique. Cet appareil est assez sensible au choc, mais on peut en construire un autre type qui ne possède plus cet inconvénient. — **M. G. A. Minchin** : *Ponts en séléno-aluminium.* Un pont en séléno-aluminium consiste en une couche très mince et étroite de sélénium conducteur reliant deux surfaces d'aluminium séparées par un isolateur (verre ou mica). Ce pont a une certaine conductibilité à l'obscurité, dépendant du voltage de la batterie dans le circuit de laquelle on l'insère. Cette conductibilité augmente énormément à la lumière. Etant donnée la forme presque linéaire de la bande de sélénium, ce pont se prête très facilement à l'étude de l'intensité de la lumière dans les différentes parties des spectres, en particulier de ceux des étoiles. Ce pont présente une particularité remarquable et encore inexpliquée : après exposition à la lumière, sa résistance à un courant le traversant dans une direction n'est pas la même qu'au courant qui le traverse dans la direction opposée. — **M. R. J. Strutt** : *L'hélium et la radio-activité dans les minéraux rares et communs.* 1° L'hélium peut être décelé dans presque tous les minéraux de la croûte terrestre. 2° La quantité, dans la plupart des cas, peut être évaluée d'après les traces d'uranium et de radium contenues dans les minéraux. Voici quelques résultats choisis, donnés en chiffres ronds :

	HÉLIUM PRÉSENT en mm.c. par kilog.	RAPPORT D'HÉLIUM c'est-à-dire rapport de l'hélium à l'oxyde d'uranium
Samarskite	1.500.000	14
Hématite	700	9
Galène	2	17
Quartz	2	10

3° Lorsqu'on observe des rapports d'hélium beaucoup plus élevés que ceux-ci, l'excès de l'hélium peut toujours être rapproché de la présence du thorium, sauf dans un cas exceptionnel. Par conséquent, les expériences n'apportent aucune évidence en faveur de l'hypothèse de la production de l'hélium par la radio-activité d'éléments ordinaires. 4° Le cas exceptionnel est celui du béryl, qui contient de l'hélium en abondance, sans avoir une radio-activité suffisante pour expliquer sa présence. Cet hélium ne peut être rapporté à aucun constituant connu du béryl. 5° Les roches ignées, et probablement les minéraux siliceux en général, contiennent de faibles quantités d'argon. Dans d'autres minéraux, sa quantité est négligeable, en tous cas en comparaison avec l'hélium présent. Il n'y a aucune preuve qu'elle augmente avec la quantité de matière radio-active. — **Sir W. Crookes** : *Sur l'emploi des creusets en iridium dans les opérations chimiques.* L'auteur attire l'attention des chimistes sur les grands avantages des creusets en iridium pur par rapport à ceux de platine dans le travail de laboratoire. L'iridium étant aussi dur que l'acier, le creuset ne se déforme pas ; il n'est pas altéré par le chauffage sur un bec Bunsen insuffisamment pourvu d'air, ce qui est loin d'être le cas pour le platine. Il ne présente aucune perte de poids quand on y a bouilli de l'eau régale ou fondu de l'acide phosphorique, du plomb, du zinc, du nickel, de l'or ou du fer. KOH l'attaque moins que le platine. Le rhodium se montre aussi résistant que l'iridium et son poids est moitié moindre. — **M. W. J. Russell** : *Action de la résine et des corps alliés sur la plaque photographique à l'obscurité.* L'auteur a reconnu que la résine (résidu de la distillation de l'essence de térébenthine brute) agit sur une plaque photographique à l'obscurité. L'action est d'autant plus rapide que la température est plus élevée ; elle peut se faire sentir jusqu'à une distance de 210 mm. ; elle ne traverse pas la feuille la plus mince de mica ou d'aluminium. La présence de l'oxygène paraît nécessaire pour que l'action se manifeste. L'ombre formée par différents corps interposés n'est pas limitée par des lignes droites, mais est indéterminée. Lorsqu'on expose préalablement la résine à la lumière du soleil ou de l'arc, son activité augmente considérablement ; ce sont les rayons bleus qui produisent surtout cette augmentation. Il semble que l'action de la résine soit due au dégagement d'une vapeur.

Séance du 21 Mai 1908.

MM. S. J. Meltzer et **J. Auer** : *L'action antagoniste du calcium sur l'effet inhibitoire du magnésium.* Dans une série d'études récentes que les auteurs ont entreprises sur les relations des effets du calcium avec ceux du magnésium, plusieurs faits furent mis en lumière qui démontrent sûrement que le calcium est l'agent le plus approprié pour neutraliser les effets inhibitoires du magnésium. L'expérience suivante en est un exemple : Par des injections sous-cutanées d'un sel de magnésium (par exemple, sel d'Epsom, environ 7 centimètres cubes d'une solution de 25 °/₀ par kilog.), on produit chez les lapins un profond état d'anesthésie et de paralysie. Les respirations lentes et courtes indiquent l'approche de la mort. A ce moment, on injecte à travers la veine de l'oreille 6 centimètres cubes ou 8 centimètres cubes d'une solution M/6 ou M/8 d'un sel de calcium. Après quelques secondes, la respiration devient plus rapide et plus profonde et, au bout d'une minute, l'animal se relève, s'assied et paraît revenu à l'état normal. Ici le calcium non seulement n'a pas ajouté un effet inhibitoire, mais a complètement neutralisé le profond effet inhibitoire du magnésium. La réunion du calcium et du magnésium dans le corps signifie, du moins en bien des cas, non une action concertée d'effets similaires, mais plutôt un effet résultant d'actions antagonistes. — **M. E. Emrys-Roberts** : *Nouvelle note sur la nutrition de l'embryon jeune, spécialement chez le poulet.* 1° La sécrétion de l'utérus

Digitized by Google

des Mammifères au repos contient de la protéine, de la mucine et des sels; pendant l'état pro-œstral, la proportion de mucine décroît; 2° La grande sécrétion mucineuse des Mammifères pendant la période pro-œstrale provient, non du corps de l'utérus, mais du cervix et du vagin; 3° La nutrition du poulet embryonnaire ne dépend pas seulement du jaune, mais aussi du blanc de l'œuf. L'assimilation du blanc d'œuf se divise en trois parties: l'eau, les sels et le protéide; 5° Des trois, l'eau est d'abord extraite à la vitesse la plus grande, c'est-à-dire que le pourcentage de l'eau décroît à mesure que l'incubation se poursuit; 6° Le pourcentage des sels dans le blanc d'œuf change peu ou pas durant l'incubation; 7° Le protéide du blanc d'œuf est assimilé non par un processus d'osmose, mais par un processus de digestion accompli par les cellules du chorion; 8° Pendant ce processus, la composition et la réaction du blanc d'œuf varient considérablement; il se convertit en une masse de plus en plus vitreuse, avec une série particulière de réactions; la réaction la plus remarquable est celle qui démontre la présence d'albumoses et de peptones. — **M. G. P. Mudge** : *Sur quelques traits de la transmission héréditaire du caractère albinos et de la fourrure pie noir chez les rats.* II. Quand un rat pie noir est accouplé avec un rat semblable, on peut obtenir deux séries de rejetons : l'une contient tous les rats pie noirs, l'autre un mélange de pie noirs et d'albinos en nombre presque égal. Quand un rat pie noir est accouplé avec un albinos, on peut obtenir cinq résultats différents: 1° Tous les petits sont noirs pie; 2° ils forment un mélange de noirs pie et d'albinos; 3° ils sont tous de la forme « irlandaise » (forme noire à coloration propre); 4° ils forment un mélange d'albinos, de noirs pie et d'irlandais; 5° ils forment un mélange d'albinos, d'irlandais et d'une forme grise.

Séance du 28 Mai 1908.

M. A. Mallock : *Effet d'un vent transversal sur le tir des projectiles.* L'auteur montre que l'étude de l'effet du vent sur le tir des projectiles pourrait donner des informations précieuses sur la trajectoire des projectiles dans l'air tranquille, et en particulier sur l'angle que l'axe du projectile fait avec la tangente à sa trajectoire. — **M. E. T. Whittaker** : *Sur la théorie de la capillarité.* Les quantités fondamentales dans la théorie des phénomènes de capillarité sont la tension superficielle γ (exprimée en dynes par cm.) et l'énergie superficielle λ (exprimée en ergs par cm. carré). La relation entre ces deux quantités est donnée par l'équation thermodynamique reliant l'énergie disponible à l'énergie totale :

$$\gamma = \lambda + T\frac{d\gamma}{dT},$$

où T est la température absolue. Cette équation implique que, quand l'aire d'une surface de séparation est augmentée de 1 cm. carré à la température T, les agents extérieurs accomplissent un travail s'élevant à γ ergs contre la tension superficielle, et cette énergie, avec une autre contribution $-T d\gamma/dt$ qui est prise à l'énergie calorifique des corps environnants, va résider dans la pellicule en donnant lieu à une augmentation de λ ergs dans son énergie interne. La relation entre la tension superficielle et l'énergie superficielle est donc exactement la même que la relation entre la force électromotrice d'une pile voltaïque et l'énergie des réactions chimiques qui ont lieu dans la pile. L'auteur a déduit les valeurs de λ qui correspondent aux valeurs expérimentales de Ramsay et Shields pour γ, et il montre qu'elles satisfont à la relation suivante: L'énergie superficielle λ d'un liquide en contact avec sa propre vapeur à une température quelconque est proportionnelle au produit de la chaleur latente interne et de la température absolue. La chaleur latente interne est intimement reliée avec la « pression intrinsèque » K de Laplace pour un liquide, et ainsi avec la théorie classique des phénomènes capillaires.

Séance du 4 Juin 1908.

M. E. J. Garwood décrit une *nouvelle machine de sondage, utilisable sur les lacs et les rivières sans faire usage d'un bateau.* Elle consiste essentiellement en deux postes, placés sur les côtés opposés du lac ou de la rivière, et reliés par une ligne au centre de laquelle est attaché un flotteur portant une poulie qui supporte un second fil attaché à la sonde. En déroulant plus ou moins la première ligne, on peut placer le flotteur à des distances variées et connues des bords du lac ou de la rivière; une fois le flotteur fixé dans une de ces positions, en déroulant le second fil, on laisse la sonde tomber jusqu'au fond et on note ainsi la profondeur. La longueur dont les lignes se déroulent est donnée par le nombre de tours des tambours sur lesquels elles sont enroulées. — Lord **Rayleigh** : *Sur l'aberration des lentilles inclinées et leur adaptation aux télescopes de pouvoir grossissant inégal dans des directions perpendiculaires.* L'auteur calcule théoriquement l'aberration des lentilles inclinées et montre comment celles-ci peuvent être appliquées aux télescopes à pouvoir grossissant inégal. — **M. A. E. H. Tutton** : *Les constantes optiques du gypse à différentes températures et l'expérience de Mitscherlich.* Les recherches de l'auteur confirment sa conclusion que le phénomène de la dispersion plane-axiale croisée est dû à une très faible double réfraction, combinée avec un proche voisinage de l'indice de réfraction intermédiaire avec l'un des indices extrêmes, et au fait que le changement de longueur d'onde de la lumière ou le changement de température produit un tel rapprochement de l'indice intermédiaire avec cet indice extrême, qu'il se confond avec lui et même le dépasse, la position relative des deux indices étant renversée. La croix rectangulaire uniaxe et les anneaux circulaires se produisent au point critique d'identité. Le point critique est fonction à la fois de la longueur d'onde et de la température. La température a un maximum pour la longueur d'onde 573; l'angle des axes optiques a un maximum pour la même longueur d'onde à toutes les températures inférieures à celle du croisement des axes optiques, et un minimum aux températures supérieures. Le changement d'orientation des lignes médianes avec le plan de symétrie a également une limite critique pour la même longueur d'onde 573. L'intervalle de température qui permet la production de la figure uniaxiale pour toutes les couleurs du spectre ne dépasse pas 4° (aux environs de 105°5). — **M. H. F. Haworth** a étudié les *qualités électriques de la porcelaine.* Un condensateur de porcelaine se charge avec une vitesse relativement faible; pour des pressions allant jusqu'à 200 volts, la charge est proportionnelle à la pression si les variations de potentiel sont assez lentes; si elles sont rapides, il y a une certaine perte diélectrique. La constante diélectrique, mesurée après une minute d'électrisation, varie avec la température suivant la loi:

entre 0° et 30° C. $C_t = C_0(1 + 0{,}00222\, t + 0{,}0005\, t^2)$;
entre 30° et 100° C. $C_{t_1} = C_{t_2} \cdot e^{0{,}0264\,(t_1 - t_2)}$.

Elle est égale à 8,95 à 20°. La conductivité apparente de la porcelaine varie avec la pression et la durée d'application; après une minute d'électrisation, elle augmente avec la température suivant la loi : $\gamma_{t_1} = \gamma_{t_2} \cdot e^{0{,}090937\,(t_1 - t_2)}$; à 20°, elle est égale à $0{,}2624 \times 10^{-13}$ mhos par c. c. La perte diélectrique varie comme la puissance 1,74 du voltage et est indépendante de la durée du cycle. — **M. R. M. Deeley** : *La viscosité de la glace.* L'auteur conclut de ses expériences que la nature de la déformation qui peut être produite dans un cristal de glace à angle droit par rapport à l'axe optique obéit exactement aux lois de l'écoulement visqueux. La viscosité, dans ce cas, est d'environ 2×10^{10} au point de fusion. A cette température, la viscosité d'un gla-

Digitized by Google

cier, mesurée par l'auteur, est d'environ 12.500×10^{10}, soit 6.250 fois plus grande. La viscosité effective d'un glacier est donc due, dans une grande mesure, à un autre phénomène. — **M. R. B. Moore** : *Sur la diminution de l'émanation du radium dissoute dans l'eau.* Les résultats obtenus par Ramsay et Cameron, en dissolvant de l'émanation de radium dans l'eau et dans une solution de sulfate de cuivre, ont poussé à rechercher la façon de se comporter de l'émanation, au point de vue radio-actif, lorsqu'elle est dissoute dans de tels solvants. Ce mémoire traite de la vitesse de diminution de l'émanation du radium dissoute dans l'eau. L'émanation accumulée par 110 mgr. de bromure de radium en deux jours, avec l'oxygène et l'hydrogène qui l'accompagnent, a été recueillie dans une burette à gaz, sur du mercure. Après explosion, on introduit une faible quantité d'eau dans la burette et la solution de l'émanation ainsi obtenue, ainsi que le petit excès d'hydrogène, sont transférés dans un tube de verre de 2 pouces de longueur et 5 mm. de diamètre, dans lequel on a fait le vide auparavant. La solution remplit environ les 5/6 du volume du tube. Ce dernier est scellé, et la courbe de diminution de l'émanation est obtenue au moyen des rayons γ, des feuilles de plomb étant employées pour isoler les rayons en quantité voulue. La période de diminution de moitié est de 3,8 jours. On peut, par conséquent, admettre que l'émanation dissoute dans l'eau diminue avec la même vitesse que dans l'air.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE BIRMINGHAM

Séance du 7 Mai 1908.

M. A. Slator décrit une *méthode pour déterminer l'activité fermentative de la levure.* 15 gr. de levure pressée sont pesés dans un petit flacon ; la levure est bien mêlée avec de l'eau et le volume amené à 250 c. c. Dix c. c. du mélange et 50 c. c. d'une solution de sucrose à 5 °/₀ sont introduits dans une bouteille et chauffés à 30°. La bouteille est réunie à un manomètre et placée dans un thermostat réglé à 30°. On fait le vide, puis on détermine la pression chaque cinq minutes; la variation de celle-ci donne la mesure de l'activité fermentative. — **MM. G.-D. Bengough** et **O.-F. Hudson** terminent leurs recherches sur le *traitement thermique du métal Muntz.* Ils concluent que ce métal, tel qu'il se présente sur le marché, est dans un état métastable; quoique à la température ordinaire la vitesse de réaction soit infiniment lente, elle augmente considérablement, avec la vitesse de cristallisation, dès que la température s'élève. Pour mettre le métal sur le marché dans sa meilleure condition physique possible, il faut surveiller soigneusement la dernière période de son refroidissement. — **M. W. Clifford** a mesuré la *vitesse de l'eau à travers divers milieux filtrants.* La méthode qu'il emploie consiste à distribuer une solution de sel ordinaire sur le milieu filtrant sans interrompre l'écoulement du liquide à travers le milieu. Des échantillons de l'effluent sont pris à intervalles réguliers et l'on y détermine la quantité de chlore. Cette dernière indique les nombres relatifs de molécules de la solution de sel dans l'effluent à différents temps, d'où l'on peut déduire le temps moyen de passage de l'ensemble de la solution salée par le théorème du centre de gravité.

SECTION CANADIENNE

Séance du 28 Février 1908.

M. H.-T. Barnes expose les diverses méthodes actuelles de mesure de la température dans les opérations industrielles.

SECTION DE LIVERPOOL

Séance du 12 Mars 1908.

Sir **O. Lodge** fait une conférence sur la structure de l'atome, dans laquelle il expose, en particulier, la théorie moderne de l'électron.

Séance du 8 Avril 1908.

M. P.-M. Pritchard étudie les facteurs importants dans la production économique de la vapeur : nature du combustible, méthode de chauffage et dessin de la chambre de combustion, type de chaudière et accessoires.

SECTION DE LONDRES

Séance du 1er Juin 1908.

M. O. Guttmann décrit quelques dispositifs nouveaux en usage dans l'industrie chimique, en particulier dans celle de l'acide sulfurique par les chambres de plomb. — Le même auteur étudie les effets produits par les explosions et les conséquences qui en résultent pour la construction des bâtiments renfermant des explosifs. — **M. S.-B. Jatar** décrit un *procédé volumétrique pour la détermination du chrome par le chlorure titaneux.* On dissout 0,2 gr. de bichromate de potassium pur dans l'eau distillée, acidifie par l'acide sulfurique et titre à froid par $TiCl^3$; à mesure que le bichromate est réduit, la couleur rouge orange de la solution passe au jaune, au vert, puis au violet. Dès que le vert a disparu, une goutte de solution, prise avec une baguette de verre, est essayée avec un indicateur composé de sulfate ferreux et de thiocyanate de K; celui-ci se colore en rouge aussi longtemps qu'il reste du bichromate dans la solution. Pour doser le chrome en présence du fer, on oxyde le premier par H^2O^2 en bichromate. — **MM. Ch. A. Keane** et **H. Burrows** donnent la description de l'*autolysateur, appareil pour la détermination automatique de l'anhydride carbonique.* Le gaz est absorbé par de la chaux sodée et la pression du gaz avant et après l'absorption est mesurée par des manomètres différentiels, dont les indications sont l'objet d'un enregistrement continu qui donne directement la proportion de CO^2 dans le gaz. — **M. H. E. Watt** a déterminé la quantité d'orcinol qui se trouve dans l'herbe orchella des Seychelles (*Roccella tinctoria*). Le lichen est extrait par le carbonate de soude et l'orcine titrée par l'hypochlorite. La quantité trouvée a varié de 1,6 à 11,5 °/₀.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 9 Juillet 1908.

M. E. Warburg rend compte des expériences qu'il vient de faire, en collaboration avec **M. G. Leithauser**, *sur les tubes à ozone.* La surface intérieure d'un tube à ozone est chargée d'électricité, ou polarisée, par le courant alternatif de la canalisation ; il en résulte une différence de phases entre l'intensité du courant et la tension. Le facteur de puissance s'est trouvé être intermédiaire, selon les circonstances de l'expérience, entre 0,2 et 0,5 ; la quantité d'ozone obtenue par kilowatt-heure est plus du double de celle qui correspond aux résultats des expérimentateurs antérieurs. La distance intérieure des électrodes sera grande pour les rendements élevés, et petite pour les concentrations considérables en ozone.

A. Gradenwitz.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Marretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 19 15 OCTOBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Alfred Giard (8 août 1846-8 août 1908). — La disparition soudaine et prématurée d'Alfred Giard est un coup des plus rudes pour la Biologie française. Non seulement il était l'un des naturalistes les plus remarquables de son temps, mais il exerçait, sur le mouvement de la science dans notre pays, une influence aussi bienfaisante que considérable.

Sa carrière se partage en deux périodes : son professorat à Lille (1873-1887), aux Facultés des Sciences et de Médecine ainsi qu'à l'Institut industriel du Nord, et son enseignement à Paris, à l'Ecole Normale supérieure d'abord (1887), puis bientôt à la Sorbonne (1888), dans la chaire d'Evolution des Etres organisés, création du Conseil Municipal de Paris, unanimement ratifiée par l'opinion scientifique. En 1900, il avait succédé à l'Académie des Sciences à Alph. Milne-Edwards.

Giard a exercé dès ses débuts une action incomparable sur ses élèves. En dépit des circonstances défavorables et des ressources rudimentaires qu'offraient nos Facultés en 1873, il sut créer immédiatement une véritable École zoologique lilloise, qui a fourni des naturalistes de premier ordre et qui était considérée à l'Étranger comme le principal foyer de vitalité de la Zoologie française d'alors. Son enseignement était vivifié par les idées transformistes, bannies à cette époque des laboratoires parisiens ; il introduisait en France toutes les notions nouvelles qui en découlaient, et qui, en particulier, renouvelaient l'embryogénie. Giard lui-même prenait une grande part à leur élaboration.

C'est d'ailleurs avec lui et par la chaire d'Evolution que toutes ces idées modernes ont véritablement eu accès à la Sorbonne. Giard a donc été un homme d'avant-garde et de lutte et naturellement a connu les obstacles. De ces difficultés aujourd'hui rejetées dans le passé, il faut retenir simplement le regret qu'à Paris elles écartèrent longtemps de lui la masse des étudiants, sur qui son influence eût été si féconde.

Elle fut ainsi limitée longtemps à peu près au petit groupe des élèves de l'Ecole Normale, qui, par contre, purent apprécier pleinement ce maître incomparable, à Paris même et surtout au Laboratoire de Wimereux.

C'est là que Giard, vivant entièrement avec ses élèves dans une familiarité d'où toute morgue était bannie, faisait germer les vocations de naturalistes. Il séduisait par une obligeance inlassable et stupéfiait par une érudition prodigieuse, en même temps que par une connaissance directe des êtres vivants dont aucun naturaliste ne pouvait approcher. Elle s'étendait, en effet, à tous les groupes d'animaux marins, à la faune terrestre et d'eau douce, et en particulier à l'Entomologie ; enfin le règne végétal, depuis les Algues et les Champignons jusqu'aux Phanérogames, ne lui était pas moins familier. Une admirable mémoire rendait ces immenses réserves de savoir toujours présentes et immédiatement disponibles. Mais ce n'était pas qu'une connaissance des faits particuliers. Nul esprit n'avait plus le souci de rapprocher et d'interpréter. Les êtres vivants étaient, pour Giard, inséparables du milieu où ils vivent : d'où le souci constant de leurs rapports mutuels et des questions de Biologie générale.

L'œuvre personnelle de Giard est l'image de sa personnalité. Elle embrasse une énorme variété de sujets dans tout le domaine de la Zoologie et de la Botanique pures ou appliquées, de la Biologie générale, de la Philosophie biologique, etc... On ne pourrait guère s'en faire une idée d'ensemble, sans la Notice qu'il a composée, suivant l'usage, lors de sa première candidature à l'Académie des Sciences[1], et où non seulement sont analysées ses publications (au nombre de plus de 350 à cette date), mais où sont dégagés leurs diverses tendances et les liens de pensée qui les unissent. Rappelons seulement ici, parmi ses travaux zoologiques, ses nombreux Mémoires sur le parasitisme, où il a fait connaître une série de types nouveaux des plus intéressants, en particulier les Orthonectides (1877), ses recherches sur les Crustacés parasites, en particulier sur les Bopyriens, où, avec la collaboration de J. Bonnier, il a élevé un monument de premier ordre. Dans le domaine de la Biologie générale, grâce à l'esprit de synthèse qui mettait en valeur ses immenses connaissances de faits, et grâce à la lucidité de sa vision, Giard a introduit une série d'idées et de notions des plus fécondes. Je men-

[1] *Exposé des titres et travaux scientifiques* (1869-1896) d'Alfred Giard. Paris, 1896. Impr. Lahure, in-4°, 390 pages, avec figures.

Digitized by Google

tionnerai seulement ici ses admirables travaux sur la *castration parasitaire*, sur la *pœcilogonie*, sur l'*anhydrobiose*, etc...

L'attention de Giard, sollicitée de tant de côtés, ne pouvait s'attarder longtemps sur un sujet, ni produire des œuvres de patience fouillées dans tous les recoins. Aussi a-t-il publié surtout un nombre considérable de Notes, ébauches où il semait, avec des faits nouveaux, des idées intéressantes. Son œuvre est, par suite, une mine très riche qui sera longtemps exploitée. Lui-même n'avait pas de plus vif désir que de voir continuer ce qu'il avait commencé. Jamais science ne fut plus altruiste que la sienne, et cela explique le grand nombre des élèves qu'il a formés et qu'il dirigeait avec un libéralisme parfait, poussant jusqu'à l'excès le scrupule de déformer leur individualité. Les circonstances ont fait, du reste, un véritable testament scientifique d'un article où il exposait l'ensemble de ses idées à ce sujet, et que la *Revue du Mois*[1] a publié au moment même où la maladie le terrassait.

Il semblait qu'un esprit aussi merveilleusement doué, unissant une connaissance prodigieuse des faits particuliers à une grande puissance de synthèse, eût dû laisser des livres, où se fût exprimée sa conception générale du monde organisé. Il s'est toujours refusé à les écrire. Sa vision pénétrante de la réalité lui en montrait trop la complexité et en même temps lui faisait trop sentir le caractère grossier et éphémère des images d'ensemble qu'on en tire. Ce sont cependant de pareils livres qui font les réputations étendues et assurent la durée du nom. Giard n'aura été apprécié à sa juste valeur que de ceux qui l'auront approché et connu. Ceux-là le rangeront toujours parmi les plus grands naturalistes qui aient paru jusqu'à ce jour, parmi les hommes qui ont eu la vision la plus pénétrante et la plus étendue de la Nature dans son ensemble. Et ils déploreront particulièrement que la maladie ait anéanti cette intelligence, alors qu'elle était en pleine possession d'elle-même et que l'homme, enfin sorti des luttes et des difficultés, semblait devoir en jouir bien des années encore et la consacrer, avec un désintéressement parfait et un idéal très haut, au développement et au progrès de la Biologie en France.

Maurice Caullery,
Professeur-adjoint à la Sorbonne.

§ 2. — Mathématiques

La théorie des nombres premiers. — Nous avons à signaler aux lecteurs de la *Revue* de nouvelles et importantes recherches dans lesquelles M. Landau complète ses résultats de 1907 et résout les questions qu'il avait posées à cette occasion.

Comme nous l'avons dit précédemment[2], l'auteur s'était, en particulier, attaqué aux deux propositions suivantes :

1° « Le produit de deux séries de Dirichlet converge dans toute la région de convergence commune aux deux facteurs »;

2° « La série de Stiltjes :

$$(1) \qquad 1 - \frac{1}{2^s} - \frac{1}{3^s} - \frac{1}{5^s} + \frac{1}{6^s} \cdots$$

converge pour des valeurs de s dont la partie réelle est inférieure à 1 (à savoir, dès que cette partie réelle est supérieure à $^1/_2$) », toutes deux énoncées par ses prédécesseurs sans démonstration rigoureuse ; et il avait constaté que l'une au moins de ces deux propositions est fausse, sans être en mesure d'indiquer laquelle.

Il peut aujourd'hui prouver que la première d'entre elles est assurément inexacte. Si, en effet, elle avait lieu, la fonction $\xi(s)$ devrait, comme M. Landau l'a montré dans son précédent travail, tendre vers zéro lorsque la partie imaginaire de s augmente indéfiniment, la partie réelle ayant une valeur fixe comprise entre $^1/_2$ et 1. Or il fait voir aujourd'hui (grâce à une importante formule qu'il établit relativement aux valeurs moyennes) qu'il n'en peut être ainsi.

Sans pouvoir discuter la seconde assertion (celle de Stiltjes), ce qui, comme il le fait remarquer, nous sera peut-être à jamais impossible, il obtient également à son égard un résultat intéressant.

Si cette assertion était exacte, il est clair que, conformément aux vues de Riemann, l'équation $\xi(s) = 0$ ne pourrait avoir de racines dont la partie réelle serait comprise entre $^1/_2$ et s.

Mais l'inverse n'est nullement évident. L'énoncé de Riemann peut être vrai sans que la série de Stiltjes converge dans les conditions indiquées; et aucune conclusion certaine n'avait pu jusqu'ici être obtenue à cet égard.

M. Landau prouve que, si l'équation $\xi(s) = 0$ n'a pas de racine dans une certaine bande parallèle à l'axe imaginaire et limitée à droite par la droite d'abscisse 1, la série (1) converge dans une bande analogue (quoique non nécessairement aussi large). Il a d'ailleurs, sur ce point également, un résultat général, permettant d'étendre le domaine de validité d'une série de Dirichlet au delà de la droite de convergence sous des conditions moins restrictives que celles qui sont connues jusqu'à présent.

Les deux principes dont nous venons de parler lui fournissent, d'ailleurs, une série d'autres conséquences intéressantes, dans le détail desquelles nous ne saurions rentrer ici, d'autant plus que le Mémoire de M. Landau, qui doit paraître prochainement dans les *Rendiconti* de Palerme, en occupe un fascicule presque entier. Il est vrai que l'auteur se livre à un travail complet d'exposition, où la question est reprise à partir de ses premiers éléments.

§ 3. — Astronomie

L'Étoile double γ de la Vierge. — Plusieurs astronomes se sont beaucoup occupés de l'Etoile double γ de la Vierge et ont cherché à déterminer aussi exactement que possible son orbite, la masse de ses composantes et sa parallaxe.

La masse et les dimensions d'un système binaire sont facilement calculables si l'on connaît la parallaxe ainsi que la grandeur apparente de l'orbite. Mais on peut arriver à des résultats identiques sans la connaissance de la parallaxe. Il suffit, en effet, de mesurer la vitesse relative des deux composantes, ce qui donne, la période étant connue, la circonférence ou le demi-grand axe de l'orbite, de sorte que l'on peut ensuite déterminer la parallaxe elle-même dans le cas des étoiles binaires télescopiques.

Pour les binaires spectroscopiques, le spectroscope permet de mesurer facilement la vitesse orbitale, étant donné que la plupart du temps le mouvement est très rapide; le problème devient beaucoup plus difficile lorsqu'il s'agit de quelques binaires à mouvement lent. L'essai a été cependant tenté par le Dr Belopolski, de l'Observatoire de Pulkowa, sur une étoile double de ce genre, γ de la Vierge.

En photographiant séparément les spectres des deux composantes, il a obtenu les valeurs moyennes des vitesses radiales de chacune d'elles, par rapport au système solaire. La composante nord a donné : —2,17 kilomètres par seconde, et la composante sud —19,645 kilomètres. Il en résulte que la vitesse de la composante nord, par rapport à la composante sud, est de —2,059 kilomètres par seconde, ce qui permet de déduire la vitesse orbitale relative.

En adoptant les éléments de l'orbite publiés par le Dr Doberck, qui donnent au demi-grand axe une valeur de 4″ et à la période une durée de 180 années, le Dr Belopolski est arrivé aux résultats suivants :

[1] L'Education du morphologiste : *Revue du Mois*, 10 juillet 1908, t. VI, p. 22.

[2] Voir la *Revue* du 15 février 1908.

Digitized by Google

Demi-grand axe	79,4 unités astronom.
Masses combinées	15 masses soleil.
Parallaxe	0",051
Vitesse radiale du système . .	19,69 km par seconde.

Depuis lors, le Dr Doberck a continué l'étude de l'orbite de cette étoile et il a reconnu que les différences entre les positions calculées et les positions observées sont dues, au moins en partie, quand l'étoile est près du passage au périastre, à des perturbations sur lesquelles il a attiré tout récemment l'attention.

Les nouveaux éléments qu'il a déduits montrent que les périodes de γ de la Vierge sont de 182,3 années; l'excentricité de l'orbite serait égale à 0,88736.

La parallaxe hypothétique qu'il adopte est de 0",116; c'est-à-dire que cette étoile serait à une distance de 265.832.827.000.000 de kilomètres et la lumière mettrait 28,1 années pour la parcourir.

Le Professeur Doberck estime donc l'étoile deux fois moins éloignée que le Dr Belopolsky. D'après ce dernier, en effet, l'étoile γ de la Vierge serait à 604.639.550.000.000 de kilomètres, ce qui donnerait comme distance 63,9 années de lumière.

Si les principes sur lesquels se sont appuyés les deux astronomes en question sont valables, il doit y avoir une très grosse difficulté dans leur application.

Th. Moreux.

Spectre de la comète Daniel (1907 *d*). — M. Deslandres avait déjà photographié, à Meudon, le spectre[1] de la comète Borrelly (1903 *c*) avec la grande lunette de 16 mètres (rapport d'ouverture 1/26) et un spectrographe spécial (rapport final d'ouverture 1/6,5). Mais la grande lunette n'est pas l'instrument le plus convenable : sur une seule épreuve, elle ne donne qu'une portion restreinte de la comète et, puisque le rapport final d'ouverture doit être grand, il est plus naturel d'employer une lunette astronomique dont le rapport d'ouverture soit déjà notable.

Cette année, pour la comète Daniel, et particulièrement pour l'étude de la queue, d'excellentes dispositions furent prises par MM. Bernard et Bosler, grâce aux conseils et à la haute expérience de M. Deslandres, et les résultats furent les suivants[2] :

Le spectre ordinaire des comètes apparaît net et intense; il comprend les bandes jaune, verte, bleue (λ473) des hydrocarbures et aussi la bande ultra-violette caractéristique du cyanogène (λ388) ; les bandes, celles des hydrocarbures au moins, ne semblent pas avoir leur maximum d'intensité au bord le plus réfrangible, ainsi qu'il arrive le plus souvent dans les comètes; — mais ce point sera éclairci seulement avec un spectrographe à fente, car, avec la chambre prismatique, les images des raies voisines sont enchevêtrées.

L'épreuve obtenue avec un prisme de flint est la plus belle et la plus riche en détails : la bande du cyanogène s'y montre avec deux arêtes, l'arête principale λ388, et la suivante, plus réfrangible, λ387, qui est la plus intense du spectre.

Outre ces bandes fortes, l'épreuve présente des bandes faibles, de λ458 à λ452, de λ429 à λ423, de λ404 à λ400, qui offrent une particularité très curieuse : ces bandes faibles se prolongent dans la queue jusqu'à 45 minutes d'arc du noyau, alors que les bandes fortes restent confinées près de ce même noyau, et la dernière est la plus faible.

Autrement dit, la queue aurait un spectre spécial qui n'est plus le spectre ordinaire des hydrocarbures, et qui diffère donc du spectre relativement intense émis par le noyau et la tête, résultat qui ne s'applique encore qu'à la région du spectre photographiable avec les plaques ordinaires, région qui s'étend du bleu à l'ultra-violet.

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 393.
[2] H. Deslandres et A. Bernard : *Bull. de la Soc. Astr. de France*, 1908, p. 30.

Ces faits ne résultent, nettement, que d'une seule épreuve : ils ont donc besoin d'être confirmés. Mais les dispositifs essayés constituent une indication précieuse pour les astronomes qui opèrent en montagne ou dans une région dont l'aurore ou le crépuscule ont une faible durée : ils ajoutent une page brillante aux intéressants travaux effectués déjà par M. Deslandres à l'Observatoire de Meudon.

§ 4. — Physique

Les membranes liquides minces et les gouttelettes de liquides. — Dans un Mémoire récemment publié[1], M. G. Bakker démontre que la configuration de la couche capillaire plane d'un corps, au contact de sa vapeur, est parfaitement déterminée pour une température donnée. Aussi est-il sans importance que la couche capillaire limite soit la surface libre d'une masse liquide considérable ou, par exemple, les deux côtés d'une tache noire dans une membrane liquide mince. Il résulte de cette proposition que, même dans le cas des taches noires les plus minces, il doit toujours y avoir une partie de la masse liquide homogène entre les deux couches capillaires limitant la lamelle. L'épaisseur de la lamelle plane la plus mince est toujours supérieure au double d'une couche capillaire plane à la température en question. L'épaisseur de la couche capillaire plane est d'environ un tiers de l'épaisseur minima d'une lamelle plane (tache noire) qui, d'après la formule donnée par l'auteur, dans le cas de l'eau, serait d'environ 2 millimicrons.

Suivant la proposition énoncée ci-dessus, la tension superficielle, dans les lamelles liquides planes et minces, serait indépendante de leur épaisseur, comme les observations de Johonnott sont venues le confirmer.

Si l'on considère une couche capillaire plane ou sphérique comme le passage continu de deux phases homogènes, le calcul fournit, pour le rayon d'une gouttelette à dimensions minima, suspendue dans la vapeur saturée, une valeur de l'ordre de grandeur de l'épaisseur d'une couche capillaire, la pression thermique étant déduite de l'équation des états de Van der Waals. A la température de 100°, par exemple, le rayon minimum d'une gouttelette d'eau serait d'environ 10 millimicrons.

L'influence de la température sur les conversions radio-actives. — Etant donnée l'influence exercée par la température sur toutes les réactions chimiques, on a recherché, peu de temps déjà après l'établissement de l'hypothèse de Rutherford, si les processus de conversion radio-active (désagrégation de l'atome chimique en ses particules ultimes) sont accélérés ou retardés, à leur tour, par les variations de température.

Tant qu'on considère la chaleur comme le résultat de mouvements désordonnés moléculaires et intra-moléculaires, dans lesquels l'atome au moins serait un système invariable, toute influence de cette nature sur les conversions radio-actives serait inadmissible. Si l'expérience venait, au contraire, à démontrer l'existense d'un coefficient de température gouvernant ces processus, il faudrait ou bien admettre un mouvement calorifique des particules ultimes elles-mêmes, ou bien renoncer à l'hypothèse de Rutherford.

Dans une thèse inaugurale présentée à l'Université de Fribourg en Brisgau, M. W. Engler étudie les phénomènes présentés, pendant l'échauffement, par le radium B et le radium P (activité induite), ainsi que par l'émanation de cet élément. Il détermine les modifications rapides qui peuvent se produire à la fin de la période d'échauffement, ainsi que l'influence de la durée de cette dernière. Ces recherches établissent

[1] *Annalen der Physik*, t. XXIII, p. 49-63.

Digitized by Google

bien définitivement que les phénomènes radio-actifs présentent un coefficient de température, les processus de conversion de l'émanation du radium et du radium A, B et C étant accélérés par un accroissement de température. Cette influence se limite à la durée de l'échauffement ; une fois le refroidissement terminé, les constantes de conversion sont les mêmes qu'avant l'échauffement. Les phénomènes présentés plus particulièrement par l'émanation du radium suggèrent l'hypothèse que cette dernière ne serait pas un gaz homogène.

Les différentes espèces de rayons γ du radium et leurs rayons secondaires. — Il était intéressant, en vue de certaines expériences antérieures, d'étudier les propriétés des rayons γ secondaires émis par différentes substances sous l'action des rayons γ primaires du radium et de comparer leurs propriétés avec celles de ces derniers.

Dans un Mémoire publié dans le *Philosophical Magazine* (n° 89, 1908), M. R. D. Kleeman fait voir que les éléments Pb, Hg, Zn, Cu, Fe, S, Al et C, dont il étudie les rayonnements, se divisent un peu grossièrement en trois groupes, donnant lieu à la production de rayons secondaires différant de l'un à l'autre. Il en conclut qu'une portion du rayonnement primaire γ du radium et le rayonnement secondaire auquel il donne lieu se subdivisent également en trois groupes renfermant chacun des rayons qui, loin d'être homogènes, se composent à leur tour de différentes espèces de rayons, différenciées entre elles beaucoup moins que des autres groupes de rayons.

Les trois groupes de rayons secondaires possèdent les mêmes propriétés d'absorption sélective que les groupes primaires correspondants, tout en étant, en général, plus facilement absorbés. C'est ainsi que l'un des groupes de rayons primaires est absorbé plus fortement par les substances Pb et Hg que les autres groupes primaires, et que l'un de ces derniers présente une absorption sélective pour C et les autres groupes pour Zn, Cu, Fe, S et Al. Or, les trois groupes secondaires correspondants possèdent les mêmes propriétés, bien que chacun d'eux soit plus doux ou plus fortement absorbable que le groupe primaire qui lui donne naissance. D'autre part, il est probable qu'en dehors des rayons étudiés, les faisceaux primaires et secondaires en renferment d'autres.

L'auteur constate qu'une substance donnée émet en quantité minima les rayons secondaires qu'elle absorbe le plus fortement. Ce phénomène est dû, probablement, à ce que le rayonnement retenu par la substance est transformé en rayons cathodiques secondaires et en d'autres formes d'énergie.

Il est probable aussi que des relations similaires existent entre les rayons X primaires et secondaires, ce que l'auteur se propose d'élucider dans un avenir prochain.

Les propriétés optiques des solutions d'or colloïdales. — Les recherches commencées, avec un certain succès, par Faraday, sur les phénomènes si remarquables que présentent les couleurs des solutions d'or colloïdales, n'ont été continuées avec quelque fruit que dernièrement, grâce à la méthode d'observation dite ultra-microscopique, qui permettait de vérifier l'uniformité absolue des particules d'or.

Dans une thèse récemment présentée à l'Université de Greifswald, M. W. Steubing indique une nouvelle méthode d'observation par laquelle la lumière latéralement déviée par diffraction, dans les solutions colloïdales, peut être déterminée quantitativement. Après avoir préparé, pour chacune des couleurs caractéristiques des solutions d'or (le bleu, le rouge, le violet), une série de solutions bien durables, aux teintes aussi pures et aussi identiques que possible, l'auteur les soumet, à l'ultra-microscope, à un premier examen de la couleur, de la luminosité et de la grandeur des particules. Il passe ensuite à la mesure, au photomètre spectral, de l'absorption des solutions convenablement diluées, après quoi il détermine, encore au photomètre, la couleur et l'intensité de la lumière de diffraction. La polarisation des « hydrosols » est étudiée par une combinaison de l'ultra-microscope et du compensateur de Babinet. Un deuxième examen très précis à l'ultra-microscope vérifie que les solutions n'ont subi aucune modification pendant les recherches antérieures. Enfin, la teneur en or est établie par deux procédés différents, à savoir: une espèce d'électrolyse et une précipitation électrolytique.

Ces expériences font voir que le rayonnement latéral ne fait perdre aux solutions qu'une portion en général faible de la lumière, la plus grande partie étant détruite au sein du métal. Les phénomènes de couleurs ne s'expliquent pas par la résonance.

Le rayonnement au sein des solutions rouges homogènes (particules vertes) présente un maximum pour 560-570 μμ, et dans les solutions bleues (particules jaune rougeâtre) un maximum faible pour 570 μμ et un maximum plus fort dans le rouge. La solution violette (particules jaune rougeâtre et vertes) correspond à un mélange d'hydrosols bleu et rouge. La solution vert grisâtre (particules jaunâtres) présente un rayonnement relativement faible sans maximum bien prononcé.

Le coefficient d'absorption de l'or colloïdal présente une allure différente de celui de l'or compact. L'absorption dans les liquides rouges présente un maximum bien marqué pour 525 à 530 μμ. Les liquides bleus, qui sont loin de présenter les phénomènes constants des liquides rouges, ont un minimum pour 490 μμ et un maximum incertain dans le jaune-orangé-rouge. La solution grisâtre présente une absorption à peu près uniforme.

La lumière émise par les solutions colloïdales se trouve être d'une polarisation linéaire partielle, le maximum coïncidant avec 90°.

L'examen ultra-microscopique, à la lumière polarisée, des liquides rouge et bleu fait voir des différences considérables quant à la forme des particules, les disques de diffraction restant constamment ronds dans le premier cas et subissant d'étranges phénomènes de déformation dans l'autre. Aussi doit-il exister des différences de forme entre les particules de ces deux espèces d'or colloïdal.

§ 5. — Chimie industrielle

Les colloïdes dans la fabrication du sucre. — M. Krutwig avait déjà montré, en 1901, que la coloration noirâtre du jus de betterave est due à la formation d'un composé colloïdal (ce qui n'est, d'ailleurs, pas en opposition avec les travaux de M. Gab. Bertrand sur la tyrosinase). La résolution des solutions colloïdales par l'ultra-microscope de M. Zsigmondy et de MM. Cotton et Mouton devait suggérer la possibilité d'un procédé d'épuration *mécanique* du jus : le Dr Bechhold a proposé récemment[1] de filtrer les jus de diffusion à l'aide de membranes en gélatine ou collodion déposées sur un papier formant support, lequel est placé entre les garnitures métalliques d'un filtre spécial. Sous une forte pression (10 atmosphères), il est possible ainsi non seulement d'éliminer les colloïdes, mais, en faisant varier la teneur en gélatine de la membrane, de « trier » les corpuscules, les plus petits passant seuls à travers le filtre.

D'autre part, M. G. Fouquet remarque très justement[2] que la chimie des colloïdes permet d'expliquer rationnellement les phénomènes d'épuration chimique actuellement usités en sucrerie. La chaux précipite d'abord les colloïdes positifs; puis, sous l'action de l'anhydride carbonique, il y a entraînement mécanique

[1] *Zeit. für Chemie der Kolloide.*
[2] *Bull. de l'Assoc. des chimistes*, Juin.

Digitized by Google

d'une certaine quantité de colloïdes négatifs. L'aluminium, dont l'emploi est préconisé depuis quelques années, précipiterait ensuite complètement ces derniers : albumine, amidon, dextrine et gomme.

Les propriétés des colloïdes expliquent également certains faits constatés dans les phénomènes de cristallisation du sucre : Deux solutions de même concentration peuvent, toutes conditions de température et de pureté étant égales, donner des rendements différents en cristaux; c'est que les colloïdes font obstacle aux déplacements des molécules (hypothèse de Duclaux) et retiennent une certaine quantité d'eau qui ne joue plus le rôle de solvant.

M. F. Marre remarquait récemment que, depuis un siècle, les savonniers marseillais mettent inconsciemment à profit la loi des phases pour régler la combinaison de l'huile et de l'alcali; de même, en sucrerie, on fait de la Chimie physique sans le savoir et il en est très probablement ainsi dans beaucoup d'autres industries. Or, il n'y a pas seulement un intérêt scientifique à mieux connaître le mécanisme des phénomènes, à s'expliquer certaines anomalies : en pratique, la connaissance plus intime et plus exacte des opérations permet de les contrôler d'abord, de les perfectionner ensuite. On peut prévoir que les découvertes faites ces dernières années en Physico-Chimie recevront vite des applications pratiques, et que les procédés actuels de l'industrie chimique en seront profondément transformés. **Henri Rousset.**

§ 6. — Géologie

La production de l'or en 1907[1]. — Si l'on excepte la période de la guerre du Transvaal, l'année 1907 est la première, depuis un quart de siècle, qui accuse une diminution dans la production de l'or. Le tableau suivant donne les chiffres annuels en millions de francs :

1890	615,9	1899	1589,6
1891	677,1	1900	1319,2
1892	760	1901	1352,6
1893	816,2	1902	1537,9
1894	938,9	1903	1689,4
1895	1030,1	1904	1797,8
1896	1048,2	1905	1951
1897	1223,5	1906	2103
1898	1486,8	1907	2089

Après la découverte des mines d'Australie et de Californie, la production s'éleva jusqu'à 800 millions, pour redescendre au-dessous de 500 millions, en 1883. Dès lors, et grâce à l'apport du Transvaal, l'accroissement a été continu : le premier milliard a été dépassé en 1895 et le second en 1906. Le chiffre de 1907, que nous donnons d'après l'*Engineering and Mining Journal*, est, en réalité, une estimation provisoire, sujette à des corrections postérieures, mais celles-ci ne le modifieront pas beaucoup, et, si la diminution n'était pas confirmée, ce serait en tout cas la stagnation. C'est que, depuis plusieurs années, aucun gisement nouveau n'a été découvert, et plusieurs des anciens ont vu leur rendement s'abaisser. Tel est le cas des régions de placers, c'est-à-dire d'alluvions aurifères, dans lesquelles les premiers prospecteurs épuisent rapidement les zones les plus riches; il faut ensuite des exploitations coûteuses sans que l'on retrouve les gros chiffres du début. Dans les filons, l'extraction décroît plus lentement avec la profondeur. De telle sorte que la production ne peut augmenter longtemps sans la découverte de nouvelles mines.

L'énorme accroissement constaté depuis vingt ans vient principalement du Transvaal, des Etats-Unis et de l'Australie occidentale. Ce sont encore ces trois pays qui sont actuellement au premier rang de la production, comme en témoigne le tableau suivant dressé, pour 1907, en millions de francs :

Transvaal	669,2
Etats-Unis	463,9
Australasie	390,5
Russie	111,8
Mexique	89,4
Canada	49,4
Chine, Japon, Corée	59,8
Rhodésie	58,2
Inde	52
Afrique occidentale	29,1
Autres pays	119,6

Le seul progrès important, en 1907, vient du Transvaal (47 millions), où l'on peut encore espérer un accroissement pendant quelques années, bien que les mines d'affleurement, qui sont les plus riches, s'épuisent rapidement, et il est à craindre que les capitaux ne se portent plus volontiers vers les entreprises nouvelles. L'extraction des mines de Rhodésie augmente bien régulièrement, mais rien ne fait espérer de gros apports. La production australienne est en baisse (37 millions), mais l'or est tellement répandu sur ce continent qu'il y a lieu de s'attendre à de nouvelles découvertes. Même phénomène aux Etats-Unis, mais, là encore, il y a des probabilités d'accroissement : si le Colorado est nettement en décadence, après avoir été pendant longtemps au premier rang, s'il y a peu d'espoir dans la région de placers de l'Alaska et dans le Dakota du Sud, la production de la Californie est stable et le Nevada témoigne d'un accroissement rapide. La diminution de la production canadienne a été aussi rapide que son essor : elle provient de l'épuisement des placers du Klondyke; plus de la moitié de l'extraction actuelle vient de la Colombie britannique. Pour les autres pays, on constate une stagnation dans l'Empire russe, une diminution dans l'Inde et une progression croissante régulière au Mexique.

La distribution de l'or reste constante dans ses grandes lignes. Depuis quinze ans, les Etats-Unis ont conservé à peu près l'équivalent de leur production, en absorbant même une partie de la production étrangère. Il en est de même de la Russie. Mais les pays neufs (Australasie, Afrique du Sud, Canada) n'ont cessé d'exporter la plus grande partie de leur or, qui s'en va principalement en Europe; des courants moins importants se dirigent vers les Etats-Unis, l'Amérique du Sud, l'Inde. C'est l'Angleterre qui reçoit la plus grande partie de l'or destiné à l'Europe, mais elle n'en conserve qu'une faible partie[1] : elle l'envoie surtout en France, Allemagne, Autriche-Hongrie, Suisse, etc. Dans ces dernières années, elle en a expédié, en outre, de fortes quantités en Egypte, dans l'Amérique du Sud, aux Etats-Unis même, qui sont, de beaucoup, les plus grands détenteurs d'or. Quoi qu'il en soit du mouvement actuel de la production, on peut affirmer que, dans l'état présent des affaires et grâce au perfectionnement des modes de paiement, une production d'or annuelle de 2 milliards de francs suffit largement aux besoins[2]. **Pierre Clerget,**

Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

§ 7. — Botanique

Les plantes luisantes. — On connaît l'étrange luminescence de certains scarabées et le beau phénomène de la phosphorescence de la mer, dû à la lumière qui émane de certains organismes inférieurs. L'on sait

[1] Cf. *L'Economiste français*, 8 février 1908. — A. Raffalovich : *Le marché financier* (1906-1907). Paris, Alcan, 1907.

[1] L'Angleterre emploie peu la monnaie dans le règlement de ses transactions; c'est, par excellence, le pays du chèque et de la compensation. Son stock monétaire est très réduit.

[2] Nos lecteurs n'ont pas oublié les deux articles de notre savant collaborateur, M. de Launay : L'Or dans le monde et son extraction. *Revue générale des Sciences*, 1906, p. 501-513, 547-561.

Digitized by Google

également que beaucoup de substances organiques présentent des phénomènes lumineux analogues, et que la viande, à l'état de décomposition commençante, ainsi que le bois pourrissant et les feuilles mortes, rendent une lumière parfaitement sensible à l'œil bien reposé.

Les naturalistes se sont souvent occupés de la question de savoir quel profit les organismes peuvent retirer de ce pouvoir remarquable; il paraît possible que certains animaux s'en servent pour attirer leur proie, effrayer leurs ennemis ou éclairer les environs pendant la recherche de leur nourriture. Non seulement dans le cas des insectes luisants, mais encore dans celui des substances organiques lumineuses, il s'agit bien d'un processus vital. La luminescence de ces matières est, en effet, due à des bactéries, donc à des organismes végétaux qui s'établissent à la surface de la substance, d'où ils pourront se communiquer facilement à d'autres.

M. H. Molisch, professeur à l'Université de Prague, vient d'étudier ces phénomènes de luminescence végétale, lors de ses voyages d'exploration dans les tropiques et après son retour en Europe. Il constate que, loin de constituer un phénomène exceptionnel, la luminescence de la viande de boucherie est absolument générale, se produisant même dans le cas d'une viande relativement fraîche, susceptible d'être livrée à la consommation. En effet, le *Bacterium phosphoreum* qui donne lieu à cette luminescence est d'une diffusion très générale, se trouvant dans toutes les glacières et tous les dépôts, où la viande nouvellement arrivée est rapidement contaminée par ces agents lumineux. Les œufs conservés dans l'eau salée et les pommes de terre cuites prennent également cette luminescence caractéristique, soit spontanément, soit au contact de la viande de boucherie, et l'on peut en dire autant des poissons de mer et des cadavres d'autres animaux marins, pour lesquels ce phénomène se produit au commencement même de la décomposition, avant qu'on ne constate de mauvaises odeurs. M. Molisch n'hésite pas à affirmer que, pendant la saison chaude au moins, une grande partie de tous les poissons se vend à l'état lumineux, sans que le public s'en doute, mais sans pour cela être nuisibles à la santé. A l'inverse des poissons de mer, les poissons d'eau douce ne présentent pas de luminosité spontanée; ce n'est qu'au contact des animaux marins ou de la viande contaminée par la bactérie qu'ils acquièrent cette luminosité. Comme les bactéries en question ne donnent lieu à la luminosité qu'en présence de l'oxygène libre, ce phénomène doit bien constituer un processus d'oxydation, auquel ne prennent part que les bactéries situées près de la surface et qui peuvent entrer au contact de l'oxygène atmosphérique. Il est vrai que les quantités d'oxygène entrant dans cette oxydation, étant extrêmement petites, ne peuvent guère être décelées par les réactifs chimiques. Certains auteurs ont, par conséquent, admis l'existence d'une relation très intime entre la luminosité et le processus de respiration, considérant la première comme conséquence directe de cette dernière. Cependant, en dehors de l'oxygène, il faut, pour donner lieu à ces phénomènes lumineux, la présence d'une petite quantité d'eau, les bactéries placées sur une plaque de verre cessant de luire en raison de l'évaporation, après 5 à 10 minutes, quitte à reprendre leur luminosité après l'addition d'un peu d'eau.

Les recherches de M. Molisch prouvent à l'évidence que la luminosité des organismes vivants constitue un processus chimique qui donne lieu à la formation, à l'intérieur des cellules, d'une substance hypothétique luisant en présence de l'oxygène libre et de l'eau, et que l'auteur appelle « photogène ».

La luminosité des animaux présente cette différence caractéristique avec celle des plantes (bactéries) que la première ne se manifeste que par à-coups, tandis que les cultures de bactéries peuvent rester lumineuses pendant des mois et, dans certains cas, pourvu qu'il y ait un apport de nourriture suffisant, pendant un à deux ans.

L'auteur a réussi à confectionner, avec un flacon de verre rempli de gélatine stérilisée, qu'il vaccine d'une culture de bactéries lumineuses, une lampe « froide »[1], qui, bien qu'ayant une intensité lumineuse moindre que la flamme de bougie la plus petite, suffit parfaitement pour les recherches scientifiques et pour les exigences de la photographie, voire même comme lampe de nuit pour certains emplois pratiques. Comme les scarabées lumineux, chez les indigènes de certains pays tropicaux, ont de tout temps servi d'appâts pour la pêche et la chasse, et, en temps de guerre, comme télégraphes optiques, il ne faut pas écarter la possibilité que l'intensité de ces sources de lumière vivante puisse être accrue à un degré suffisant pour se prêter à une utilisation pratique plus étendue.

L'absence parfaite de rayons calorifiques forme la différence essentielle de cette lumière vivante avec celle que rendent toutes les sources usuelles. La nature, on le voit, a réalisé l'idéal de nos ingénieurs modernes : la production d'une lumière exempte de chaleur.

Bien que ne dégageant pas de chaleur sensible, cette lumière n'est pas du tout d'une composition simple, et comporte, par exemple, des rayons chimiques. Aussi M. Molisch réussit-il à photographier les cultures lumineuses dans leur propre lumière, et différents objets dans celle de ces bactéries.

Cette lumière exerce, comme toute autre lumière, des effets physiologiques. Lorsque, par exemple, les germes de différentes plantes (pois, lentilles, etc.) ont été disposés à une distance de 1 à 10 centimètres d'une lampe « vivante », ces plantes se rapprochent en croissant des bactéries lumineuses, et l'on voit les deux espèces de plantes s'attirer l'une l'autre, en raison de l'énergie rayonnante rendue par l'une d'elles.

On sait que les plantes vertes, à l'aide de la lumière du soleil, réduisent l'acide carbonique de l'air en substances organiques, en convertissant l'énergie vive des rayons en énergie chimique et en l'accumulant sous cette forme. Comme, d'autre part, les champignons incolores et les animaux absorbent de la nourriture organique en convertissant l'énergie qu'elle contient en chaleur et en lumière, on se trouve en présence d'un véritable cycle lumineux accompli par des organismes végétaux. La lumière « vivante », on le voit, dérive en dernière ligne de la lumière du Soleil, qui, ayant été absorbée par les plantes vertes et après de nombreuses métamorphoses, reparaît sous la forme de lumière. **Alfred Gradenwitz.**

§ 8. — Physiologie

Les effets nuisibles exercés sur l'œil humain par les rayons ultra-violets. — Depuis la communication faite par MM. F. Schanz et K. Stockhausen devant le Congrès des Naturalistes allemands, à Dresde, sur leurs expériences personnelles au sujet des effets nuisibles que les rayons ultra-violets exercent sur l'œil humain, le problème ainsi soulevé a été beaucoup discuté. Les mêmes savants viennent de donner un important complément à leur travail dans une conférence à la seizième Réunion annuelle de l'Association des Electriciens allemands, à Erfurt.

De nombreux auteurs se sont occupés de l'influence exercée sur l'organisme humain par les rayons ultra-violets, et leurs résultats ont même conduit à des applications thérapeutiques de ces rayons, lesquels ont été utilisés pour agir, par une inflammation artificielle, sur certaines affections cutanées. Or, les rayons

[1] M. le Professeur R. Dubois, dont les beaux travaux sur les poissons lumineux sont bien connus, avait déjà réalisé antérieurement une lampe froide analogue.

Digitized by Google

ultra-violets de plus courtes longueurs d'onde se sont trouvés agir d'une façon très intense sur la *surface* de la peau, tandis que ceux de grandes longueurs exercent plutôt des effets de pénétration. L'action de ces rayons sur l'œil humain a été à son tour, à différentes reprises, l'objet de travaux scientifiques.

Les recherches récemment faites par MM. Schanz et Stockhausen, en partie à l'Institut Electrotechnique de l'Ecole polytechnique de Dresde, font voir que l'ophtalmie dite électrique est due à l'action de ces rayons, une affection identique, bien que de moindre intensité, étant provoquée par d'autres sources de lumière riches en rayons ultra-violets. La cécité de la neige, tout analogue, par ses symptômes, à l'ophtalmie électrique, serait provoquée par les rayons ultra-violets contenus dans la lumière réfléchie du jour. On peut du reste constater sur soi-même, dans des conditions parfaitement normales, un premier commencement d'une affection similaire, au passage de la lumière du jour à l'éclairage artificiel, surtout dans le cas de symptômes catarrhaux; c'est alors que la lumière « pèse » sur les yeux.

Les rayons ultra-violets agissent non seulement sur les ligaments extérieurs, mais aussi sur les parties profondes de l'œil, comme le fait voir la fluorescence si intense du cristallin qu'ils provoquent. Le cristallin, on le voit, transforme les rayons invisibles de courtes longueurs d'onde en rayons visibles et, par conséquent, fait fonction d'écran protecteur de la rétine. Aussi, les personnes ayant eu le cristallin extirpé sont-elles sujettes, dans le cas d'un éblouissement intense, à des attaques d'érythropsie (vision rouge), affection qu'on observe dans la haute montagne même sur les yeux normaux. Un éclairage puissant par des rayons ultra-violets peut produire de légers troubles du cristallin; aussi paraît-il possible que la cataracte de la vieillesse soit une conséquence, se manifestant au cours des années, de ces modifications graduelles.

Bien qu'on eût dû s'attendre à constater un accroissement de la teneur en rayons ultra-violets à mesure qu'augmenterait la température de la source lumineuse, les auteurs ont cru bon de soumettre les lampes usuelles, avec un spectrographe à prismes de quartz, à un examen qualitatif qui a donné les résultats suivants :

Tandis que les spectres de la lumière des bougies et des lampes à l'huile crue ne dépassent que de peu la région des rayons visibles, on voit le spectre ultra-violet s'allonger aussitôt qu'on leur met une cheminée. Le même résultat se constate lorsqu'on augmente au moyen d'une soufflerie la température de la flamme; l'emploi d'un manchon incandescent permet d'allonger ultérieurement cette partie du spectre. Mais les spectres ultra-violets les plus étendus sont ceux des sources de lumière électrique, parmi lesquelles la lampe à vapeur de mercure (à globe de quartz) et les arcs électriques sont les plus remarquables à ce point de vue; les lampes Nernst possèdent également une teneur fort élevée en rayons ultra-violets. Dans toutes les lampes électriques à enveloppe vitreuse, le spectre cesse uniformément à environ 300$\mu\mu$, les longueurs d'onde plus courtes étant absorbées par le verre.

Les lunettes « protectrices » en bleu sont loin d'assurer une protection quelconque contre les rayons ultra-violets; celles en gris de fumée affaiblissent le spectre tout entier et, par conséquent, ne sont guère pratiques.

Aussi les auteurs, étant donnée l'importance de ce problème, se sont-ils attachés eux-mêmes à préparer un verre protecteur, qu'ils mettent sur le marché sous le nom de « verre euphos ». Ce verre, d'une nuance légèrement vert-jaunâtre, doit son pouvoir d'absorption remarquable vis-à-vis des rayons ultra-violets moins à sa couleur qu'à sa composition spéciale, qu'on adapte du reste à chaque genre de lampe. Avec une perte de lumière très faible (3 à 5 %), ce verre élimine parfaitement les rayons ultra-violets. L'efficacité de la protection qu'il assure a été confirmée par des expériences sur des animaux. En disposant leur verre entre l'œil et la source de lumière, MM. Schanz et Stockhausen ont vu la fluorescence du cristallin disparaître immédiatement, pour reparaître aussitôt que le verre est éloigné, en provoquant une contraction convulsive des sourcils de l'animal.

La discussion très vive suscitée par cette conférence a engagé M. Voege[1] à faire, au Laboratoire gouvernemental de Physique, à Hambourg, des mesures comparatives de la teneur en lumière ultra-violette de nos sources artificielles, d'une part, et de la lumière du jour et du Soleil, de l'autre. Comme les expériences précédentes ont fait voir que nos sources de lumière modernes sont de plus en plus riches en rayons ultra-violets, il y aurait à craindre des lésions progressives de nos yeux à mesure que se répandrait l'emploi de ces lampes perfectionnées.

M. Voege a fait deux séries d'expériences, dont la première se rapportait à des intensités spécifiques égales. Dans ce cas, il ne pouvait évidemment étudier que la lumière diffuse du jour sous un ciel bleu ou couvert. Comme la plaque photographique est noircie par les rayons ultra-violets avec une intensité particulièrement grande, M. Voege s'en sert comme réactif. Dans de nombreuses expériences, il élimine les rayons actiniques visibles à l'aide d'un procédé spécial. Les résultats de ses recherches peuvent se résumer en disant que, pour une même intensité spécifique, la lumière de toutes les lampes à incandescence électrique ou par le gaz et même celle de la plupart des lampes à arc le cède de beaucoup à la lumière du jour par sa teneur en rayons ultra-violets. Il ne faut en excepter que la lampe Régina et les lampes à vapeur de mercure, à enveloppe de quartz, qui, cependant, ne sont que de peu supérieures sous ce rapport à la lumière du ciel bleu, surtout si on les munit de globes de verre.

L'auteur est d'avis que les lumières à spectre non-continu, qui ne sont pas produites par des solides incandescents, indépendamment de leur coloration intégrale, exercent des effets gênants sur nos yeux; aussi attribue-t-il la fatigue des yeux, constatée pendant le travail prolongé à la lumière d'une lampe de table ou d'une suspension, moins aux rayons ultra-violets qu'elle renferme, qu'au manque d'uniformité de son éclairage.

En continuant ses recherches, M. Voege a comparé l'intensité et les longueurs d'onde des rayons ultra-violets entrant dans l'œil pendant un intervalle de temps donné : dans ce cas encore, le spectre ultra-violet de la lumière du Soleil se trouve être bien plus étendu que celui de toutes les sources artificielles, y compris la lampe Régina.

En se basant sur ces résultats, M. Voege considère comme exagérée l'appréhension énoncée par MM. Schanz et Stockhausen au sujet des effets nuisibles de nos lampes électriques.

[1] *Elektrot. Zeitschr.*, n° 33, 1908.

Digitized by Google

LE MOUVEMENT RÉCENT DES GRANDES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

DISCOURS PRONONCÉ A LA SÉANCE D'OUVERTURE DU CONGRÈS DES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ TENU A MARSEILLE DU 14 AU 20 SEPTEMBRE 1908

Mesdames et Messieurs,

Le Congrès, avant sa réunion, a perdu l'un des Présidents d'honneur de son Comité d'organisation : M. Mascart. Il est mort sur la brèche, après des souffrances stoïquement supportées.

Il laisse après lui, outre une œuvre scientifique universellement appréciée, le souvenir de brillants services rendus, dans les directions les plus variées, au bien public et à l'administration du pays.

Il était le doyen des électriciens de France. Nous nous sommes trouvés réunis au premier Congrès international d'Électricité, celui qui s'est tenu à Paris en 1881, grâce à une initiative particulièrement heureuse du ministre des Postes et Télégraphes d'alors, M. Cochery, auquel les électriciens de tous les pays doivent, de ce chef, un souvenir reconnaissant.

Nous y avons été délégués, Mascart comme professeur du cours de Physique générale et expérimentale au Collège de France, moi-même comme professant, à cette époque, dans la chaire de Joseph Bertrand, le cours de Physique générale et mathématique. Notre collaboration s'est trouvée plus étroite à la Commission spéciale désignée par le Congrès pour examiner les propositions présentées par les savants anglais, en vue de constituer un système cohérent d'unités électriques susceptible de recevoir un accueil universel. Comme délégués de la science française, notre rôle était tout indiqué. Outre l'admiration qu'imposait l'œuvre de longue haleine préparée sous l'impulsion de sir William Thomson, devenu depuis lord Kelvin, celle-ci avait encore, pour nous, le mérite de s'appuyer sur les unités fondamentales du système métrique français, de sorte que nous pouvions y voir, avec une légitime satisfaction, le prolongement de l'une des importantes innovations dues à notre grande Convention nationale. L'entente cordiale, du moins sur ce point, était donc faite dès cette époque.

Le génie britannique, en constituant un système d'unités électriques étudié dans ses moindres détails, a fourni à l'Électricité un vocabulaire universel qui lui manquait, et grâce auquel ont pu s'accomplir, avec la rapidité qu'on sait, ces multiples applications dont l'Exposition de Marseille nous donne le brillant tableau, et dont notre Congrès doit préciser les étapes passées avec projections, autant que possible, sur les étapes les plus prochaines. Aussi les promoteurs de ce Congrès ont-il, dès l'origine de leur entreprise, rencontré les plus précieux encouragements.

Cinq de nos ministres, M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes et MM. les Ministres de l'Agriculture, du Commerce, de la Guerre et de la Marine, ont bien voulu accorder leur patronnage au Congrès et y envoyer des délégations officielles. Tout nous permettait d'espérer que M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes ouvrirait lui-même cette séance et qu'en cas d'empêchement M. le Conseiller d'Etat Charguéraud tiendrait sa place. Mais nous avons été doublement malheureux. M. le Ministre, par l'une des nécessités de sa charge, préside l'inauguration qui a eu lieu hier, dans la Haute-Vienne, de la nouvelle ligne de chemin de fer de Magnas-Laval au Dorat, et M. Charguéraud, à la suite d'un accident heureusement sans gravité, est tenu à un repos physique momentané.

Nous pouvons être assurés que M. le ministre Barthou, ainsi que son second, prend la part la plus sympathique à l'œuvre qui s'accomplit ici.

Les Gouvernements étrangers, de leur côté, ont bien voulu s'intéresser à cette œuvre. L'Autriche, la Belgique, le Canada, l'Espagne, l'Italie, la Russie et la Suisse lui ont fait le grand honneur d'y envoyer des délégations.

Plus de 1.200 congressistes nationaux ou étrangers se sont fait inscrire, ce qui est un chiffre suffisamment éloquent. Le programme du Congrès a sollicité de savants rapporteurs, non seulement sur des sujets techniques, mais aussi sur les questions d'ordre administratif et juridique que l'emploi de plus en plus varié de l'Electricité soulève dans tous les pays.

Que tous ces éminents collaborateurs et collègues venus de tous les pays veuillent bien agréer l'expression de la gratitude des organisateurs du Congrès.

I

Ils la méritent d'autant plus, qu'au début de l'œuvre il était permis de craindre que le nouveau

Digitized by Google

Congrès ne se trouvât trop près de celui de 1900 pour pouvoir présenter une physionomie suffisamment nouvelle.

Ses promoteurs, et notamment MM. les commissaires généraux Dubs et Cordier, ont pensé autrement, et il semble qu'ils aient eu raison. C'est, en effet, dans ces dernières années que l'Électricité a fait les plus rapides conquêtes. Elle a gagné, dans une proportion inespérée, à la fois en puissance, en souplesse et en sécurité. Par là, elle a mérité de pénétrer jusque dans les mines, où naguère encore on l'eût regardée comme un auxiliaire dangereux. Non seulement on l'y accepte pour l'éclairage, mais elle se substitue aux moyens mécaniques pour la commande des pompes d'épuisement, celle des machines perforatrices, et même celle des machines d'extraction.

Des industries chimiques où elle régnait depuis longtemps, elle a passé peu à peu dans l'industrie métallurgique, où elle actionne les appareils les plus puissants, tels que les laminoirs, les engins de levage, de manipulation des gros lingots, etc.

Dans les usines de toute nature, elle s'empare peu à peu de la conduite des transmissions et de celle des machines-outils.

Mais ce qui a le plus étendu son domaine, ce sont les rapides progrès accomplis dans le transport électrique de l'énergie, cette propriété vitale de l'Électricité qui lui permet d'amener la force partout où l'industrie, l'agriculture ou les besoins journaliers de la vie la réclament.

Ces progrès portent, à la fois, sur les distances accessibles au transport de l'énergie et sur les puissances transportables. Tandis que, vers l'année 1900, on trouvait déjà remarquable qu'on pût transporter quelques milliers de chevaux à 30 ou 40 kilomètres de distance, de 1904 à 1906, la *Toronto and Niagara Power Co* a transporté 125.000 chevaux à 120 kilomètres. Une compagnie californienne (*Cap Bay Counties Company*) a porté la distance de transport jusqu'à 370 kilomètres, avec, il est vrai, une puissance transportée plus faible.

En France, on n'est pas resté en arrière. Tout près de nous, la Compagnie électrique du littoral méditerranéen a couvert Marseille et toute la région comprise entre la Durance, la mer et les Alpes d'un réseau admirablement compris de 120.000 chevaux captés sur la Durance, le Var, le Loup, la Siagne et l'Argens.

Il n'est que juste de dire que toutes nos régions montagneuses ont lutté d'initiative et d'intelligence pour l'utilisation de leurs chutes d'eau. On ne saurait oublier que ce sont les célèbres expériences de transport électrique entre Grenoble et Vizille, sous la direction de M. Marcel Deprez, qui ont été l'un des points de départ du mouvement qui a fini par conduire aux résultats acquis aujourd'hui et qui ne sont pas les derniers.

La Compagnie du Sud-Ouest de la France transporte de la force prise à Tuilières, sur la Dordogne, jusqu'à Bordeaux. Les forces hydrauliques des Pyrénées, du Centre et du Jura ne restent pas non plus délaissées. Lyon a, de bonne heure, utilisé la puissance du Rhône, dans son voisinage, par la création de l'entreprise de Jonage. Tout permet de penser que, dans un prochain avenir, se réalisera, en France, une entreprise qui n'a son égale nulle part, pas même au Niagara : le transport à Paris, soit à 425 kilomètres de distance, d'une puissance de 125.000 chevaux, susceptible d'être doublée, à conquérir sur le haut Rhône.

Ces progrès, maintenant qu'ils sont acquis, se poursuivront de *proprio motu*, comme il arrive pour toutes les grandes inventions une fois qu'elles ont rencontré leurs organes de vitalité, comme il est arrivé pour la machine à vapeur depuis Watt et pour la locomotive depuis Stephe nson

Ces machines ont été, dès le début, dotées par leurs inventeurs de tous les organes vitaux, en sorte qu'elles n'ont plus eu à subir de modifications essentielles, mais de simples perfectionnements ou adaptations aux services de plus en plus variés qu'on leur demandait.

Le transport de la force, qui théoriquement remonte aux découvertes d'Ampère et de Faraday, est arrivé trop tôt pour être pourvu immédiatement des auxiliaires indispensables à son fonctionnement industriel. Ces auxiliaires lui sont venus peu à peu dans les trente dernières années, mais se sont accrus dans des proportions inespérées depuis le début de notre siècle.

Dès 1880, M. Marcel Deprez a défendu cette thèse que les transports doivent se faire à des tensions électriques aussi élevées que possible, pour que la même énergie puisse passer dans une section de fils métalliques aussi faible et, par suite, aussi économique que possible. Il est juste de dire que le Dr Fröhlich développait la même pensée en Allemagne.

Mais, si le transport exige de hautes tensions, la distribution en exige en général de très modérées. Les deux problèmes du transport et de l'usage de la chose transportée semblaient donc contradictoires. Ils n'ont pu être conciliés que par l'invention des transformateurs. Or, tandis que le problème industriel du transport remonte à une trentaine d'années, la constitution des transformateurs et leur étude expérimentale ne datent que des dernières années du XIXe siècle.

Vers la même époque, la merveilleuse découverte, par le Professeur Ferraris, des champs tournants et

Digitized by Google

les courants polyphasés sont venus donner au problème son extrême souplesse.

Ce n'est donc, en définitive, que depuis le siècle actuel qu'on peut concilier les hautes tensions exigées par le transport et les modes de courants transportés, jugés les meilleurs dans chaque cas, avec les tensions plus basses et les modes de courants différents convenant le mieux à l'emploi qui en est fait.

Dans ces conditions, le problème devenait viable. Il restait à l'étendre à des distances de transport et à des puissances transportées de plus en plus grandes. La première partie exigeait des tensions de plus en plus élevées. Les études expérimentales sur les isolateurs ont permis d'aller très loin dans cette voie. Les tensions qui paraissaient autrefois devoir être limitées à quelques milliers de volts ont, dans les derniers transports, notamment ceux, cités plus haut, des compagnies américaines, atteint 60.000 volts. On est allé même jusqu'à 80.000 volts et, dans le projet d'adduction des forces du Rhône à Paris, on prévoit 120.000 volts en courant triphasé.

Pour l'augmentation des puissances à transporter, deux adjuvants sont venus en faciliter la réalisation tout récemment. Ils résultent de la substitution de turbines à vapeur aux machines à pistons et des progrès accomplis dans la construction des turbines.

On fait couramment, aujourd'hui, des turbines Parsons-Brown-Boveri de 5.000 kilowatts. On a établi tout récemment, paraît-il, une turbine de 12.500 chevaux pouvant, pendant quelques heures, en fournir 14.500. Les turbines hydrauliques suivent la même progression et c'est ainsi qu'on voit à présent s'élever les grandes usines centrales avec un petit nombre de puissantes unités, faciles et économiques à surveiller, dont chacune peut alimenter une région étendue et qui, si on les accouple, comme l'a fait, dans la contrée marseillaise, la Société de l'énergie du littoral méditerranéen, peuvent porter force et lumière, avec toute la sûreté désirable, dans des régions de plus en plus étendues.

II

Parmi les applications que provoquent ou provoqueront les progrès accomplis dans cette question du transport de l'énergie, il convient de signaler la traction électrique. En 1900, elle était peu développée ; mais son heure paraît venue, et il serait d'autant plus désirable qu'elle trouvât un large asile au Congrès actuel que la France ne pourrait qu'y gagner. Tous les autres pays s'en occupent activement. Sans compter l'Amérique, l'Italie a environ 200 kilomètres de chemins de fer électriques en exploitation. Le Parlement italien est saisi d'une loi qui donnerait aux chemins de fer un droit de préférence sur les forces hydrauliques non concédées.

En Suisse, on fait des expériences en grand. On connaît celles de l'Allemagne entre Marienfeld et Zossen, où l'on a atteint une vitesse de 240 kilomètres à l'heure. En Suisse, on s'occupe du Simplon et du Gothard, et des expériences très importantes se poursuivent, notamment avec le courant monophasé.

Ce n'est pas que la France se soit montrée réfractaire à cette application de l'électricité. Outre les métropolitains, elle possède les lignes électriques établies par la compagnie P.-L.-M. en Savoie; d'autres sont en voie d'exécution ou de préparation. Les travaux de la ligne de Villeneuve à Bourg-Madame se poursuivent activement. Il est à désirer que les études pour l'électrification des lignes existantes soient mises à l'ordre du jour dans notre pays.

Le Gouvernement vient de racheter le réseau de l'Ouest. Il faut espérer qu'il en profitera pour déblayer d'abord les lignes de banlieue en augmentant, par l'électrification, leur capacité de trafic qui paraît atteinte ou dépassée, et que ce résultat obtenu amènera d'autres opérations de même ordre partout où la présence des chutes d'eau ou les besoins de l'exploitation les rendront désirables ou nécessaires.

Pour la question également si intéressante de la traction électrique sur canaux, la France a fait les premières tentatives pratiques. Le premier touage électrique a été réalisé au souterrain de Pouilly sur le canal de Bourgogne, où il fonctionne dans d'excellentes conditions, et dont la force motrice a été très heureusement empruntée aux chutes des deux écluses voisines, chutes dont l'énergie a reçu ainsi un emploi sans préjudice pour leur fonctionnement normal.

Sur le canal de Bourgogne ont également été faits les premiers essais de traction des bateaux à l'aide de tracteurs. Ces derniers étaient des tricycles, prenant le courant électrique sur des lignes aériennes placées sur le chemin de halage, que suivaient les tricycles eux-mêmes, sans rails.

Depuis, des essais analogues ont été poursuivis en Allemagne, ainsi que d'autres, où l'on a employé les locomotives électriques circulant sur rails.

Au point de vue technique, tous les systèmes réussissent. Au point de vue financier, la question n'est pas tranchée. Jusqu'ici, en matière de halage, la science humaine a dû baisser pavillon devant le modeste cheval de halage. Il y a longtemps que, sur le canal de la Sensée, une Compagnie de traction par locomotives à vapeur a succombé sous la coalition des haleurs par chevaux. L'Électricité sera-

Digitized by Google

t-elle plus heureuse si on lui oppose la libre concurrence? C'est possible, sans être certain. Mais il peut y avoir, pour les canaux encombrés, des raisons d'accepter le monopole de la traction électrique. C'est une question qui sera sans doute examinée au Congrès aux divers points de vue qu'elle comporte.

Elle touche, dans une certaine mesure, à l'une des nouveautés de ce Congrès : la réglementation des transports de l'énergie, qui, croyons-nous, n'avait pas figuré aux Congrès précédents, mais qui a fait l'objet d'une discussion spéciale et approfondie provoquée par l'essor donné, dans ces dernières années, à l'emploi de la houille blanche. La question n'en reste pas moins d'un haut intérêt et nous ne pouvons que remercier vivement messieurs les hommes de loi du concours qu'ils ont bien voulu, en cette circonstance, apporter aux électriciens, par leurs rapports.

Une autre nouveauté, celle-ci d'ordre technique en même temps que d'un haut intérêt scientifique, sera l'examen de l'état actuel et de l'avenir de la question du retour par la terre. Le Rapport qui porte sur cette matière délicate serait un des plus dignes d'une discussion approfondie.

En cette matière, comme en toutes les autres, notre époque se classe comme une des plus fécondes en applications de la science. C'est là ce qu'ont voulu mettre en lumière les auteurs de l'Exposition et du Congrès par le titre qu'ils ont adopté. Mais notre temps paraît se préparer dans l'histoire une place infiniment plus haute encore.

III

Pendant que l'industrie exploite avec génie les conquêtes de la science présente, les physiciens et les chimistes nous ouvrent ou tout au moins nous permettent d'entrevoir, pour la science future et, par suite, pour les futures applications, une ère toute nouvelle. En effet, depuis 250 ans, la Mécanique newtonienne a permis non seulement de coordonner, mais aussi de prévoir tous les grands faits concernant tant la Mécanique céleste que la Physique terrestre et notamment l'Électricité. La confiance que cette Mécanique a progressivement inspirée par l'impeccabilité de ses pronostics était devenue telle que, dans la seconde moitié du siècle dernier, Lamé, dans un discours très peu connu, tiré à 50 exemplaires seulement, dont je me fais gloire d'en posséder un avec dédicace de l'illustre maître, le dernier discours d'ouverture de ses merveilleuses Leçons de Physique mathématique à la Sorbonne, et qu'en petit comité il aimait à appeler son testament scientifique, prédisait qu'avant la fin du XIXe siècle, la loi de la gravitation combinée avec les lois de l'Électricité et de l'Optique seraient fondues en une seule, qu'il appelait par avance « la loi unique et universelle de la matière ». Convenons que, sans manquer de respect au grand mathématicien et à l'ardent apôtre qu'était Lamé, il est permis de penser que Condorcet a été mieux inspiré lorsque, sous la menace permanente du couperet de la guillotine, il écrivait « son esquisse des progrès de l'esprit humain », où il montrait que le territoire à conquérir pour la science est sans bornes. Et voici qu'en effet, au lieu de nous acheminer vers la connaissance d'une loi universelle, les phénomènes nouveaux observés dans la décharge électrique à travers les liquides et les gaz, la radio-activité de la matière, la radio-activité induite, l'action des champs magnétiques sur la lumière mettent la Mécanique newtonienne, basée sur le point matériel et jugée infaillible d'après ses succès antérieurs, en défaut.

De là, cependant, il ne faudrait pas conclure qu'elle soit devenue inutile. Elle continuera à nous servir comme par le passé pour tous les problèmes posés par la Nature ou l'industrie, pourvu qu'ils ne comportent que la considération de vitesses comme celles que nous pouvons réaliser ou que la Nature réalise pour la matière pondérable, par exemple, des vitesses de 1.000 mètres par seconde, comme celles qu'on peut faire décrire aux projectiles de nos plus puissantes armes à feu, et, à plus forte raison, les vitesses des locomotives présentes ou futures. L'excès ne sera jamais à craindre. L'homme, il est vrai, n'est pas toujours raisonnable dans ses aspirations. Mais la matière le met à la raison. Elle ne se laisse pas surmener; si on la surmène, le moins qu'elle fasse est de riposter par une *panne* et malheureusement, de temps à autre, elle riposte par quelque terrible représaille.

Le règne de la Mécanique pour toutes les applications à un mouvement présent ou futur de la matière pondérable n'est donc pas près de sa fin. Mais, quand il s'agit des vitesses du fluide électrique ou de la propagation de la lumière, soit environ 300.000 kilomètres par seconde, alors naissent des forces nouvelles, les forces d'induction, que la Mécanique actuelle ne prévoit pas. Pour ces cas, qui, dans les applications futures de l'électricité, pourront conduire à des résultats devant lesquels ceux d'aujourd'hui paraîtront de faibles essais, le point matériel de l'ancienne Mécanique devra être remplacé par la molécule électrique, qu'on se représente, malgré ses dimensions infimes, comme un monde comportant un noyau positivement électrisé, entouré de satellites incomparablement plus petits et électrisés négativement, qu'on appelle des *électrons* et qui, sous l'influence des attractions électriques et vu la faiblesse de leurs masses, rece-

Digitized by Google

vraient des vitesses de même ordre que celle de la lumière.

Quel sera le messie de cette nouvelle Mécanique, plus complexe que celle qui nous a été léguée par Newton et ses grands successeurs? Se fera-t-il attendre pendant des années ou des siècles? C'est ce qu'il est difficile de prévoir. Ce qu'on peut pronostiquer, c'est qu'il viendra quand tout sera prêt pour le recevoir, quand les faits nouveaux accumulés par la science expérimentale seront assez nombreux pour lui permettre d'établir une synthèse nouvelle. Il appartient à l'humanité de préparer cet état supérieur de la science par le travail. C'est pourquoi je termine ces trop longues réflexions par ce mot : *laboremus*.

Maurice Levy,
de l'Institut,
Président du Congrès.

L'AUBE ET L'ALBE

PREMIER CRÉPUSCULE DU MATIN ET SECOND CRÉPUSCULE DU SOIR

Nous demandons crédit au lecteur pour le mot nouveau : *albe*, destiné à représenter l'ensemble très complexe des phénomènes qui se produisent pendant la période du second crépuscule du soir. Ce mot remplace à lui seul une longue périphrase : « second crépuscule du soir ». En même temps, formé du latin *alba* comme le mot *aube*, il porte en lui-même l'affirmation de la symétrie qui existe entre les crépuscules du matin et ceux du soir.

I

Commençons par les phénomènes d'*albe* les plus saillants, les plus anciennement remarqués. H.-B. de Saussure[1], en 1785, sur les Alpes, observa, *avant le lever* du Soleil, une gloire de rayons d'un beau pourpre qui convergeaient *au-dessous* de l'horizon *occidental*. Un tiers de siècle plus tard, L.-A. Necker (de Saussure)[2] nota des apparitions variées. Necker fut le premier à faire remarquer que les gloires ou « rayons crépusculaires » offrent cette étrange particularité de ne jamais se montrer que longtemps après le coucher du Soleil. Il indiqua même le chiffre moyen approximatif de trente-six minutes. Ajoutons que ce nombre était compté non pas à partir du coucher astronomique, mais à partir du moment où le Soleil disparaissait aux regards de Necker derrière les montagnes de l'Ouest. D'autres observateurs de montagne, placés en des points divers, ont aussi donné en moyenne ce chiffre de trente-six minutes; il faut admettre que, tout au moins dans les endroits découverts, propres aux observations de ce genre, la pente moyenne des montagnes ne varie pas énormément, les plus hautes ayant naturellement une base plus large.

Bravais[1] étudie les mêmes phénomènes. Le plus fréquent est celui de la tache rose ou pourpre qui apparaît à l'Ouest, environ un quart d'heure après le coucher astronomique, parfois accompagnée d'une tache rose à l'Est. Le matin, mêmes phénomènes, mais symétriques. Il n'était pas difficile de se rendre compte que les « rayons crépusculaires » sont des taches roses coupées par des ombres de nuages. Mais nul ne chercha à se demander comment le Soleil, depuis longtemps couché ou encore très éloigné de l'heure du lever, peut émettre des rayons rectilignes qui semblent converger vers l'horizon opposé au Soleil.

Ils observèrent aussi la « recoloration des Alpes après le coucher du Soleil », qui a dû être connue de tout temps. Necker donna de ce second éclairement une explication fort insuffisante, s'imaginant que l'apparence cendrée des Alpes après le coucher provient du contraste avec la zone rose que Mairan avait appelée anticrépuscule, tandis qu'un peu plus tard cette même cime paraîtrait rose par opposition avec le gris-bleu de l'ombre terrestre qui a eu le temps de monter dans l'intervalle.

En 1853, le Dr Wolf[2] étudia la recoloration des Alpes. Si complète que fût son étude, restée classique, il n'essaya pas de donner une théorie personnelle du phénomène. Cette initiative était réservée à M. le Dr Heim[3], de Zurich, dont l'explication nous paraît être la bonne, au moins sur le point essentiel. L'auteur suppose, à 80 kilomètres de hauteur dans l'atmosphère, une couche d'inversion de température, favorable à une réflexion des

[1] H.-B. de Saussure : *Voyage dans les Alpes*, t. II, § 1113, 1786.

[2] L. A. Necker : Sur une espèce particulière de rayons divergents qui ne se manifestent que longtemps après le coucher du soleil. *Ann. de Chimie et de Physique*, t. LXX, p. 113 et 225.

[1] A. Bravais : Observations sur les phénomènes crépusculaires. *Annuaire de la Société météorologique de France*, 1850, p. 185.

[2] Dr R. Wolf : Beobachtungen über das Alpenglühen. *Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft*, Bern, 1853.

[3] Dr A. Heim : Lichterscheinungen der Atmosphäre im Gebirge. *Jahrbuch des Schweizer-Alpen-Club*, no 5, 1868-69.

Digitized by Google

rayons solaires, qui, ainsi rabattus vers la surface terrestre, éclaireraient de nouveau des points pour lesquels le Soleil est depuis longtemps couché. Sa théorie n'eut pas le succès qu'elle méritait. La hauteur qu'il avait donnée à cette couche réfléchissante correspondait à un crépuscule trop long, et fut pour quelque chose dans les méfiances qu'il rencontra.

Parmi les travaux importants d'observation pure, en dehors de toute théorie, il faut citer celui de M. le Dr G. Hellmann[1] qui, entre autres choses, étudia, le premier, avec une réelle précision, le phénomène de la tache rose. Il fut suivi dans cette voie par le Dr A. Riggenbach, qui, à l'aide d'observations beaucoup plus nombreuses sur ce point spécial, put expliquer la tache rose par la diffraction des rayons solaires à travers la couche de particules de glace de la région des cirrus, et à travers la couche de poussières éruptives qui a souvent produit, pendant le jour, le cercle de Bishop. Le soir, la tache rose, quand elle doit se produire, apparaît au couchant quinze minutes environ après le coucher; dans l'espace des vingt-deux minutes suivantes, elle grandit rapidement, s'abaisse et disparaît sous l'horizon. (Une autre tache rose se produit parfois à l'horizon Est pendant la même période.) Quatre ou cinq minutes plus tard, une seconde tache rose, de durée au moins égale, apparaît quelquefois à l'Ouest. Le Dr Riggenbach[2] croit pouvoir expliquer par la simple réverbération de la première tache l'apparition de la tache de l'Est et celle de la seconde tache. M. E. Marchand[3], directeur de l'Observatoire du Pic-du-Midi, un peu plus tard, mais d'une manière indépendante, a tiré les mêmes conclusions; mais, pour lui, la tache opposée au Soleil est une anthélie de même nature que le spectre du Broken.

Son explication, tout à fait vraisemblable, est très supérieure à celle, généralement acceptée, du Dr von Bezold, qui ne voyait dans la tache opposée au Soleil qu'un reflet de l'autre. Mais, d'une part, ce prétendu « reflet » existe » parfois seul; d'autre part, il est impossible d'expliquer ainsi l'existence d'une « gloire » sur l'horizon opposé au Soleil.

Récemment, M. Esclangon a fait aussi une étude de la tache rose. Ses observations confirment celles de ses prédécesseurs.

Si l'on ajoute l'éclairement crépusculaire qu'on appelle « second rayon » ou « after-glow » en Egypte, en Syrie, dans l'Inde et en Amérique, on aura fait le tour des faits connus antérieurs à nos propres recherches. Voyons maintenant les faits nouveaux.

II

Le 8 février 1896, à Banyuls (Pyrénées-Orientales), au moment où le Soleil venait de disparaître derrière les montagnes de l'Ouest, l'ombre portée de la Terre se projeta sur les brumes de la mer à l'Est; environ une demi-heure après, une bande plus claire s'éleva entre la bande sombre et l'horizon. Le ciel ayant été souvent clair pendant une période de plus d'un mois, je pus constater que non seulement la bande claire apparaissait régulièrement, mais qu'elle était suivie, à son tour, d'une seconde bande sombre. Le retard de la bande claire sur la première bande sombre était de trente à quarante minutes.

Ce chiffre différait fort peu, en moyenne, de celui de trente-six minutes, que nos recherches bibliographiques nous firent retrouver. Notre première idée fut que l'explication donnée de la recoloration des Alpes par la réfraction des rayons solaires dans l'air refroidi des vallées n'était pas sans vraisemblance. Seulement, à Banyuls, une seule pente, tournée vers l'Est, aurait suffi à produire la réfraction. Pour décider si l'action des montagnes est nécessaire, il s'agissait de faire les mêmes observations en plaine.

Celles de Menton, pays montagneux, donnèrent les mêmes résultats (hiver de 1896-1897) que celles de Banyuls. Mais, dès le mois d'avril suivant, à Angers, l'observation montra que *tout se passe en plaine comme en montagne* du côté de l'Est, quel que soit d'ailleurs l'état du ciel du côté où le Soleil s'est couché.

La première bande sombre offre l'aspect d'un segment gris-bleu à pointes assez aiguës vers le Nord et le Sud, dont la base est complètement séparée de l'horizon par la bande claire. La seconde bande sombre, à son tour, prend la forme d'un segment. Les trois bandes s'élargissent progressivement et vont se mêler dans la calotte zénithale, presque toujours d'un bleu très sombre, plus ou moins violacé.

Dans les pays de plaine, le second éclairement des brumes de l'Est n'attend pas, pour se produire, trente à quarante minutes après le coucher apparent du Soleil, comme le font les phénomènes observés en montagne : il se produit au bout de quinze à seize minutes en moyenne. C'est qu'en plaine le retard du coucher apparent sur le coucher astronomique est à peu près nul, tandis qu'en montagne il est d'une vingtaine de minutes. Si l'on prend pour base, de part et d'autre, le coucher

[1] Dr G. Hellmann : Beobachtungen uber die Dammerung. *Meteorologische Zeitschrift*, t. XIX, p. 57 et 162. Année 1884.

[2] Dr A. Riggenbach : Beobachtungen uber die Dammerung, insbesondere uber das Purpurlicht und seine Beziehungen zum Bishopschen Sonnenring. Basel, 1886.

[3] E. Marchand : *Les lueurs crépusculaires et phénomènes connexes observés en 1902-1903-1904*. Bagnères-de-Bigorre, 1904.

Digitized by Google

astronomique, les retards s'égalisent et tout devient régulier, au moins en moyenne.

L'observation des brumes n'est pas la seule qui nous ait guidé. Les nuages sont comme les sommets de montagnes dont les bases auraient disparu. Leur blancheur les rend très favorables à l'étude des variations de l'éclairement. On pourrait les croire très inférieurs aux montagnes, tout au moins en ce qui concerne l'exactitude des mesures de hauteur : mais, même sur ce point, leur infériorité n'est que relative. Les principales formes de nuages, en effet, correspondent à des altitudes resserrées entre d'étroites limites. On sait, par exemple, que la hauteur de la base des cumulus au-dessus d'une plaine varie, en hiver, entre 1.200 et 1.400 mètres; en été, entre 1.400 et 1.600 mètres, selon l'heure du jour. Les sommets des cumulus peuvent atteindre à des hauteurs très variables et souvent très grandes, qui dépassent parfois notablement, en été, la hauteur du Mont-Blanc. Quand ils sont près de l'horizon, rien n'est plus facile que d'apprécier à moins d'un dixième près la hauteur de leur sommet. Il suffit, au moyen d'une règle graduée tenue verticalement à bout de bras, de voir combien de fois la hauteur angulaire de leur base est contenue dans celle de leur sommet. Les nuages pommelés dits cirro-cumulus se tiennent entre 4 et 7 kilomètres d'altitude, en moyenne à 5 kilom. 5; les plus finement pommelés sont les plus hauts, et inversement. Quant aux cirrus proprement dits, « queue de chat, queue de cheval », formés de cristaux de glace très menus, ils peuvent exister partout ou la température est inférieure à zéro, — même au niveau du sol en hiver, — mais leur lieu de formation le plus ordinaire est le bas de la couche de déversement des dépressions barométriques, couche dont la hauteur moyenne, qui varie peu, est de 9 kilomètres. A environ 1 kilomètre au-dessus, on trouve, plus rarement, une couche de cristaux de glace encore plus ténus, presque toujours invisible pour le spectateur. C'est à des phénomènes de diffraction à travers cette dernière couche que le Dr A. Riggenbach, le premier, a attribué l'apparition de la tache rose crépusculaire. Avec les indications que nous venons de rappeler à propos de la hauteur habituelle des nuages de diverses natures, on peut, si l'on est prudent, se rendre souvent compte de la hauteur des phénomènes lumineux que l'on observe.

Dans la règle, au moins ordinaire, les nuages de même espèce forment une seule couche de hauteur uniforme. Dans chaque couche, après le coucher du Soleil, l'extinction des nuages qu'enveloppe l'ombre de la terre se propage naturellement de l'Est à l'Ouest. Mais, au bout de quinze à seize minutes, un second éclairement des nuages commence par les points *les plus voisins de l'horizon Est*, pour se propager de même vers l'Ouest. Ce second éclairement est suivi, à son tour, d'une seconde extinction, qui se propage de même en commençant par l'Est, de sorte que les nuages de l'Ouest, qui ont été les derniers à subir le second éclairement, sont les derniers à s'éteindre pour la seconde fois.

Il arrive qu'une bande de cirrus s'étende à travers tout l'horizon entre l'Est et l'Ouest. En ce cas, la succession des phénomènes est encore plus facile à suivre. L'observateur tourné vers l'horizon Est verra, après le coucher du Soleil, l'ombre terrestre envahir la partie la plus orientale de la bande de cirrus. Peu de temps après, l'extrême pointe orientale de cette bande s'éclairera de nouveau, pour être un peu plus tard envahie une seconde fois par l'ombre. De sorte que, quand les circonstances sont favorables, on peut voir dans une seule bande, simultanément, quatre régions alternativement éclairées et sombres.

III

Comment expliquer cette alternance d'éclairements et d'extinctions? Il n'y a, pensons-nous, qu'une seule manière de s'en rendre compte. La succession des bandes de brume suffirait déjà à prouver que, sur tous les points de la Terre pour lesquels le Soleil se couche, un rayon lumineux affaibli passe par-dessus la tête de l'observateur et pénètre dans le cône d'ombre terrestre. L'examen des nuages permet de dire quelque chose de plus. A un moment donné, après le coucher, de deux nuages de même altitude voisins l'un de l'autre et de l'horizon Est, c'est le plus éloigné du spectateur qui est seul éclairé. Puisque le rayon qui le frappe n'éclaire pas l'autre nuage, situé pourtant moins loin vers l'Est, il faut, de toute nécessité, que ce rayon soit incliné de l'Ouest à l'Est, c'est-à-dire qu'il se rapproche de la surface terrestre à mesure qu'il marche vers l'Est. Il ne peut donc pas provenir directement du Soleil, déjà caché depuis assez longtemps sous l'horizon Ouest. Il ne peut être qu'un rayon solaire infléchi.

Ce rayon du second crépuscule — ce rayon d'*albe* — descend-il jusqu'à la surface terrestre?

Non. Quelquefois, il est vrai, la campagne tout entière est éclairée en rose ou en jaune après le coucher, mais on peut toujours se rendre compte que, dans ces cas-là, le ciel du couchant est d'un rose ou d'un jaune intense et que l'éclairement du sol provient d'une simple réflexion diffuse. Dans la règle ordinaire, la plaine est relativement sombre, et la limite inférieure du faisceau d'albe, quoique très estompée, est assez nette pour qu'on puisse la saisir entre 2.000 et 1.600 mètres d'altitude, soit

Digitized by Google

sur les montagnes, soit sur les nuages. Les grands cumulus d'été, dont la base atteint rarement 1.600 mètres d'altitude, ont ordinairement une bande grise à leur partie inférieure.

La preuve de l'existence d'un faisceau d'albe au-dessus de l'observateur nous a été fournie plusieurs fois sous une autre forme. Nous ne citerons qu'un cas, le plus probant. Le 17 juillet 1898, à Angers, des rayons crépusculaires convergaient à une certaine hauteur au-dessus de l'horizon Est, traversaient la région zénithale et allaient converger une seconde fois à 2° et demi au-dessous de l'horizon Ouest. Or, en ce moment-là (8 h. 38, heure de Paris), le Soleil était couché depuis quarante-trois minutes, c'est-à-dire qu'il se trouvait à environ 7° au-dessous de l'horizon; par suite, à 4° pour le moins au-dessous du point de convergence des rayons de la gloire crépusculaire. Il est ici de toute évidence, une fois de plus, que les rayons qui traversaient le ciel ce soir-là étaient des rayons solaires infléchis par une cause quelconque.

Si l'on considère dans leur ensemble tous les points du globe terrestre pour lesquels le Soleil se couche à un moment donné, on se rendra compte qu'à l'Est de chacun d'eux, à une altitude encore indéterminée, un rayon solaire infléchi et adouci pénètre dans le cône d'ombre terrestre, se dirigeant vers l'axe de ce cône. L'ensemble de ces rayons forme ce qu'on pourrait appeler le « demi-conoïde d'albe ».

Le matin, à des nuances près, tout se passe de même, mais dans un ordre absolument inverse. Il est vrai que les observateurs de montagne n'ont pas vu, le matin, l'équivalent de la seconde coloration des Alpes, soit que le phénomène, moins brillant, ait passé inaperçu, soit, ce qui paraît plus vraisemblable, que le faisceau crépusculaire du matin descende moins près de la surface du sol; mais, dans nos observations du matin, nous avons été assez heureux pour constater à diverses reprises les alternatives d'éclairement et d'extinction des nuages au-dessus de l'horizon opposé au Soleil. La seule observation, signalée plus haut, faite par H.-B. de Saussure en 1785, aurait rendu certaine, si l'on avait songé à l'interpréter, l'existence d'au moins un faisceau de ce qu'on peut appeler le « demi-conoïde d'aube ».

A quelle hauteur au-dessus de la surface terrestre se fait l'introduction, dans le cône d'ombre terrestre, de ce conoïde crépusculaire, dont l'existence ne peut plus être mise en doute? Cela se passe évidemment au-dessus de la région des cirrus (9 kilomètres d'altitude, en moyenne, à très peu près), puisque, tous les soirs, les cirrus — quand il y en a dans le voisinage de l'horizon Est — sont atteints par le cône d'ombre terrestre avant de subir le second éclairement. Or, par ses sondages atmosphériques, M. Teisserenc de Bort a prouvé l'existence, entre 11 et 15 kilomètres d'altitude, d'une couche d'inversion thermique. Rien n'est plus favorable à des réflexions spéculaires ou totales des rayons solaires tangents, ou presque, à la surface terrestre.

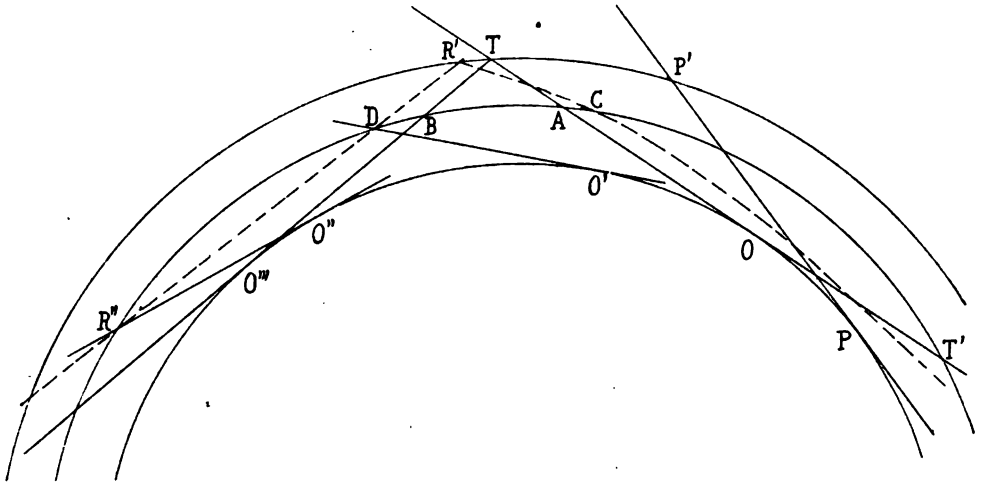


Fig. 1.

Il ne s'agit pas d'une réflexion pure et simple, à peu près telle que la produirait un miroir de métal concave et sphérique. En effet, dans ces conditions, le faisceau réfléchi devrait être tangent à la surface terrestre, tout comme le faisceau incident considéré. Or, nous avons vu que les rayons d'albe ne descendent nulle part jusqu'au sol. Quelle est l'hypothèse qui rend le mieux compte des faits?

Nous avons dit que la réflexion spéculaire (fig. 1), proposée par le Dr Heim (qui avait raison en principe, ce qui est l'essentiel), n'est pas complètement

Digitized by Google

d'accord avec les faits, puisque le dernier rayon solaire OT, tangent à la surface terrestre, devrait se réfléchir suivant la tangente TO'''. La figure 1 est tracée dans un plan vertical passant par le centre du Soleil et par l'observateur O, qui voit le Soleil se coucher. La droite TOT' suit la limite extérieure du cône d'ombre terrestre : la ligne PP', celle de la pénombre. Une remarque permettra de se rendre compte pourquoi, dans la réalité, le rayon réfléchi ne descend pas jusqu'à la surface terrestre. Toutes les régions de la pénombre ne sont pas à la même température. Il est vrai que l'air est diathermane, mais, dans ses couches inférieures, jusqu'au delà des cirrus, il contient des particules liquides et solides qui peuvent communiquer leur température à l'air avoisinant, et ces particules doivent être d'autant plus froides qu'elles voient moins de la surface solaire, c'est-à-dire qu'elles sont plus voisines du cône d'ombre. Tout rayon venu d'un point R de la surface solaire devra donc s'infléchir légèrement, pénétrer dans le cône d'ombre et rencontrer la couche réfléchissante quelque part en R', à l'Est du point T. Il se réfléchira suivant R'R''. Il aura ainsi coupé la couche des cirrus en C, D et R''.

Au moment où le Soleil se couche pour lui, tous les cirrus que l'observateur ne voit pas encore, puisqu'ils sont au-dessous de son horizon, sont dans l'ombre jusqu'en D, — si l'on admet que RR'R'' est le rayon limite. — Ils sont éclairés entre D et R'', puis de nouveau dans l'ombre au delà de R''.

Supposons, ce qui est d'ailleurs plus conforme à la réalité, le Soleil immobile avec son cortège d'ombre et de rayons, et faisons se déplacer l'observateur vers l'Est, avec une vitesse angulaire égale et de sens inverse à celle de l'abaissement angulaire apparent du Soleil, soit, en moyenne, vers la latitude de 45°, environ 1° pour 5 minutes de temps au cours du premier quart d'heure, puis de plus en plus lentement jusqu'à la fin du crépuscule. Pendant que l'observateur marche de O en O', des cirrus de moins en moins voisins de l'Est s'éteignent successivement. Mais, aussitôt que le point O' est dépassé, un cirrus éclairé apparaît à l'horizon Est. Enfin, quand l'observateur aura dépassé O'', il verra monter à l'horizon est une seconde bande d'ombre.

Dans notre figure, la courbure de l'arc OO'' est trop prononcée : mais, dans la réalité, l'observateur pourrait embrasser d'un coup d'œil deux bandes de cirrus éclairés et deux de cirrus éteints.

Nous avons évidemment dû simplifier beaucoup ce qui se passe dans la couche d'inversion de température. Tout doit y être bien autrement compliqué.

Il doit y avoir souvent, par exemple, entre deux couches voisines, des alternances de réflexion spéculaire et totale semblables à celles qui se produisent quand on regarde très obliquement, dans une glace un peu épaisse, le reflet d'une bougie allumée. Ce n'est pas une image que l'on voit alors, mais cinq, dix ou même davantage. On peut supposer, d'autre part, que les rayons solaires qui tombent sur la couche réfléchissante vers la limite extérieure et au delà des limites de la pénombre doivent être en partie captés par la réflexion totale et tapisser, pour ainsi dire, l'intérieur de la couche réfléchissante. Ainsi s'expliqueraient ces crépuscules de longueur exceptionnelle, tels ceux du 30 juin au 2 juillet 1908, dont plusieurs ont duré toute la nuit, grâce, sans doute, à l'abondance des cirrus dans le bas de la couche d'inversion.

Dans la description précédente, la couche des cirrus a été supposée continue. Il y avait quelque chose de schématique, on l'a compris, dans cette description, qui est comme une synthèse de faits observés, épars et nombreux. En outre, la présence des autres formes de nuages complique ordinairement les phénomènes. Il y a là des inégalités inévitables. Ainsi, du côté est, un quart d'heure après le coucher, les cirrus frappés du rayon d'albe seront visibles, à cause de leur altitude, alors que les cumulus éclairés seront encore sous l'horizon de l'observateur. Toutefois, cela est vrai surtout en théorie. Dans la réalité, les cirrus, beaucoup moins compacts que les cumulus, sont, à lumière égale, beaucoup moins éclairés, beaucoup moins visibles, par suite, à travers les brumes de l'horizon. Il y a donc, dans la pratique, entre les diverses formes de nuages, une simultanéité apparente d'éclairement, qui n'enlève rien au droit de préséance des cirrus.

Nos observations futures tiendront compte de ces remarques. Toutefois il est évident que les grandes lignes de nos observations antérieures n'en seront pas changées.

Nous comptons aussi nous occuper davantage, et avec plus de précision, des hauteurs angulaires de l'ombre aux différents moments du crépuscule. Il n'est pas indifférent de se demander pourquoi — comme l'a fait déjà remarquer Daguin il y a plus d'un demi-siècle — les estimations de la hauteur de l'atmosphère augmentent quand on mesure la hauteur de « l'arc crépusculaire » à des heures plus tardives? En somme, on le voit, l'étude du conoïde crépusculaire n'est pas encore épuisée.

E. Durand-Gréville.

Digitized by Google

LES CUIRASSÉS MODERNES

PREMIÈRE PARTIE : ÉVOLUTION DU CUIRASSÉ. PUISSANCE OFFENSIVE

I. — Prépondérance du cuirassé dans les flottes modernes.

Depuis la dernière guerre russo-japonaise, les seuls bâtiments considérés comme ayant une réelle valeur militaire sont les cuirassés d'escadre. Ce sont eux qui absorbent la plus grande partie du budget que les différents pays consacrent à la construction de nouveaux navires de guerre. Il n'y a pas de sacrifices que l'on ne s'impose pour acquérir, dans le plus bref délai, les seuls instruments de combat dont on compte tirer parti.

Sans doute, on continue à mettre en chantier, quoique en bien moins grand nombre qu'autrefois, des croiseurs-cuirassés, des éclaireurs d'escadre, des torpilleurs et des sous-marins. Nous n'en dirons que quelques mots : il n'y a guère à ajouter à ce que nous écrivions à ce sujet dans un article paru à cette place, il y a environ deux ans[1].

Les derniers croiseurs-cuirassés mis en chantier sont des navires de combat qui, étant données leur disposition générale et leur artillerie, se rapprochent de plus en plus des cuirassés ; ils n'en diffèrent que par leur vitesse, supérieure d'à peu près cinq nœuds, par leur épaisseur de blindage, inférieure d'un tiers environ à celle des cuirassés contemporains. Tels sont les croiseurs-cuirassés anglais de la classe *Inflexible*, armés de huit canons de 305 et filant 27 nœuds.

Les éclaireurs d'escadre en construction en Angleterre, en Allemagne et aux Etats-Unis, des classes *Adventure*, *Ersatz-Pfeil*, *Salem*, sont des navires de 3.000 à 4.000 tonnes, peu armés, car il a fallu tout sacrifier à la vitesse, qui atteint de 25 à 26 nœuds, et à la protection, assurée par une cuirasse mince d'acier au nickel.

Pour les torpilleurs (contre-torpilleurs et torpilleurs de haute mer), le déplacement va toujours en augmentant. De près de 500 tonnes en France et en Allemagne, il atteint 770 à 900 tonnes en Angleterre sur les douze navires de 33 nœuds *Amazon*, *Tartar*, *Cossack*, etc., et 1.800 tonnes sur le *Swift*, qui atteint la vitesse de 38 nœuds. Le torpilleur devient ainsi un bâtiment réellement marin. Ce n'est plus par ses faibles dimensions, par son invisibilité qu'on espère le soustraire aux coups de l'ennemi, mais par sa vitesse, plus aisément atteinte et plus sûrement maintenue, grâce à un tonnage plus fort.

Les sous-marins sont, comme les torpilleurs, dans une période de croissance ; il y a en France des submersibles en chantier de près de 600 tonnes. Les résultats que ces navires donneront peuvent avoir une grande influence sur la navigation sous-marine.

Mais torpilleurs et sous-marins ne sauraient procurer la maîtrise de la haute mer, maîtrise qui seule est capable de garantir la sécurité du pays dans une guerre maritime. Les éclaireurs d'escadre sont des auxiliaires indispensables, mais de simples auxiliaires.

Pour assurer la domination de la mer, il faut des escadres cuirassées, composées de cuirassés proprement dits, ou de croiseurs cuirassés qui, comme nous venons de le voir, leur ressemblent tant.

Cet article, destiné à relater les progrès récents de l'Art naval, sera donc consacré uniquement aux cuirassés. Nous insisterons plus particulièrement sur les navires construits dans les marines étrangères, beaucoup moins connus dans leurs détails que les nôtres, et dont l'étude présente, par conséquent, plus d'attrait pour le lecteur, quels que soient les points auxquels il s'intéresse personnellement.

Il y a deux ans, nous faisions ressortir l'homogénéité qui allait résulter pour la composition des flottes de la communauté d'opinion sur la prépondérance des cuirassés. Nos prévisions se sont réalisées. Aujourd'hui, lorsqu'il ouvre des journaux ou des revues traitant de questions relatives aux nouvelles flottes de combat, le lecteur peut croire qu'il n'existe plus qu'un seul type de navire de guerre. Tous les cuirassés mis en chantier y sont donnés comme des *Dreadnought* ou des dérivés du *Dreadnought*.

II. — Le « Dreadnought » et l'unité de calibre.

Qu'est-ce qu'un *Dreadnought*? Un *Dreadnought* est un cuirassé présentant trois caractères saillants :

1° Unité de calibre de l'artillerie[1] ;

[1] *Revue générale des Sciences pures et appliquées* du 15 avril 1906.

[1] Abstraction faite, bien entendu, de la petite artillerie destinée à repousser les attaques des torpilleurs.

Digitized by Google

2° Vitesse supérieure à celle des anciens cuirassés;

3° Déplacement de 18.000 à 20.000 tonnes.

L'artillerie est toute de gros calibre. Le grand déplacement est une conséquence du nombre relativement considérable de pièces de gros calibre, ainsi que de l'emploi d'un appareil moteur et évaporatoire capable d'imprimer au navire une vitesse voisine de 20 nœuds.

Cette conception du navire de combat dérive, suivant l'opinion généralement reçue, des leçons de la guerre russo-japonaise, en particulier des enseignements fournis par la bataille de Tsou-Shima.

Une étude, même sommaire, des événements de la lutte des flottes russe et japonaise suffit à montrer que cette assertion est erronée. La genèse du *Dreadnought* est toute différente. Ce type est la conséquence logique des progrès réalisés au cours de ces dernières années pour le tir de l'artillerie à bord des navires anglais.

L'unité de calibre permet de régler d'une manière prompte et sûre la valeur de la hausse et facilite les approvisionnements : elle a toujours été considérée comme une chose désirable. Jusqu'ici, cependant, on avait toujours été arrêté dans cette voie pour les raisons suivantes : la télémétrie était rudimentaire, l'appréciation des distances assez défectueuse; la centralisation du tir n'existait pas; chaque chef de pièce, agissant isolément, observait et corrigeait lui-même son tir.

Dans ces conditions, il eût été imprudent de se fier à un armement uniquement composé de pièces de gros calibre, dont la rapidité du tir laissait à désirer, et dont l'approvisionnement est forcément plus limité que celui des canons d'un moindre calibre. Sans doute, on cherchait à doter les cuirassés de canons du modèle le plus puissant, afin de leur permettre de couler ou d'écraser l'ennemi dans un combat à une distance de 3.000 à 4.000 mètres, mais on n'aurait, pour rien au monde, négligé de leur donner comme auxiliaire le plus grand nombre possible de pièces de moyen calibre.

C'était sur ces dernières que l'on comptait à peu près exclusivement pour engager l'action, régler son tir et peut-être mettre l'ennemi hors de combat avant de s'en être approché suffisamment pour être exposé aux coups de sa grosse artillerie et avant d'avoir pu, par conséquent, utiliser soi-même dans de bonnes conditions la grosse artillerie dont on disposait.

Un peu d'histoire rétrospective est nécessaire pour se rendre compte de l'influence de la rapidité du tir. Pendant la bataille de Yalu, les pièces de 305^{mm} Krupp ne tirèrent qu'un coup en moyenne toutes les dix minutes, les pièces de 194^{mm} ou d'un calibre approchant, un coup par deux minutes, les pièces de 152^{mm} trois coups à la minute, et les pièces de 127^{mm} cinq coups.

Laissons de côté cette rapidité de tir relativement faible et plaçons-nous à un moment où il était possible de tirer avec une pièce de 305^{mm} un coup toutes les deux minutes et avec une pièce de 194^{mm} deux coups par minute. En admettant que la charge d'éclatement soit environ 1/10 du poids du projectile, quatre pièces de 305^{mm}, placées par paires en tourelles fermées, pesant 1.450 tonnes environ[1], auraient tiré deux coups et lancé 75 kilogs d'explosif à la minute. Dix pièces de 194^{mm}, disposées de la même manière en tourelles jumelées, auraient pesé sensiblement le même poids; elles auraient tiré dans le même temps vingt coups et lancé 130 kilogs d'explosif. Donc, en supposant que tous les coups eussent porté, le tir des dix pièces de 194^{mm}, concentré par feu de masse sur l'ennemi, aurait produit plus d'effet que celui des quatre 305^{mm}. Mais, en réalité, comme peu de coups auraient porté, il y aurait eu les plus grandes probabilités pour que les 194^{mm} aient pu régler leur tir mieux et plus vite que les 305^{mm} et pour qu'un certain nombre de coups de 194^{mm} aient frappé juste, bien avant aucun projectile de 305^{mm}. Les 194^{mm} auraient donc été beaucoup plus efficaces jusqu'au moment où l'on aurait été à assez petite distance pour pouvoir être sûr du tir des 305^{mm}.

Cet exemple montre que, avec les anciennes méthodes de tir, l'artillerie moyenne aurait continué à s'imposer, même en supposant une plus grande rapidité de tir des grosses pièces; car le tir de celles-ci, si perfectionné que soient les mécanismes, reste nécessairement moins rapide que celui des pièces de moindre calibre. La rapidité relative et le nombre des pièces étaient, il y a quelques années, des facteurs aussi importants que la proportion d'explosif déversée théoriquement sur l'ennemi dans un temps donné. Quand bien même la quantité d'explosif lancée en une minute avec quatre 305^{mm} eût été plus forte que celle projetée par dix pièces de 194^{mm}, l'avantage, au début du combat, n'en serait pas moins resté aux dix 194^{mm} parce qu'ils auraient eu plus de chances de mieux régler leur tir, ayant tiré plus de coups dans le même temps. D'ailleurs, comme les 194^{mm} étaient beaucoup mieux approvisionnés que les 305^{mm}, à cause du moindre poids de leurs projectiles, on eût moins hésité, aux grandes distances, à risquer de perdre un coup de 194^{mm} qu'un obus de 305^{mm}.

[1] Tout compris : cuirasse et tôlerie des tourelles, plateformes tournantes, appareils de chargement, canons avec leurs affûts et leurs munitions.

Digitized by Google

On peut dire qu'au début du combat l'artillerie de moyen calibre seule entrait en ligne de compte, et finalement un bâtiment qui aurait été uniquement armé de très grosses pièces se serait probablement trouvé en mauvaise posture devant un cuirassé muni de pièces de gros et de moyen calibre.

En résumé, pendant de longues années, les motifs de l'emploi de deux calibres très différents ont été les suivants :

1° Imperfection des mécanismes des gros canons en tourelles, ayant pour conséquence une trop faible rapidité du tir de ces pièces ;

2° Insuffisance des moyens d'appréciation des distances, par suite de l'absence de bons télémètres à grande base ;

3° Impossibilité de centraliser et de coordonner le tir à cause du manque de moyens pratiques pour transmettre mécaniquement les ordres ;

4° Inexpérience du personnel canonnier, insuffisamment entraîné par des exercices trop peu fréquents ou mal compris.

Aujourd'hui, les nouvelles pièces de 305^{mm} peuvent tirer jusqu'à deux coups à la minute au lieu d'un ou deux en trois minutes ; les télémètres sont devenus des instruments d'optique très perfectionnés, grâce auxquels on apprécie la distance du bâtiment ennemi avec une approximation remarquable ; la centralisation du tir entre les mains d'officiers expérimentés, qui indiquent les distances et les corrections à l'aide de transmissions d'ordre mécaniques, a fourni le moyen de contrôler et de coordonner le tir. Enfin, grâce à de fréquents exercices, les canonniers anglais ont reçu un entraînement méthodique qui leur a permis d'obtenir des pourcents au but remarquable, même à de grandes distances.

Par suite de la suppression des difficultés de pointage des grosses pièces, des considérations, purement spéculatives autrefois, ont pris une grande importance.

« Aux petites distances, — écrit le Lieutenant-Commander Wm. S. Sims, inspecteur du tir de la Marine des Etats-Unis, — le pourcentage des touchés varie avec le calibre des canons : plus grand est le calibre, plus grand est le pourcentage. Aux grandes distances, on observe la même loi ; mais les gros calibres ont un avantage beaucoup plus considérable, car leur angle de chute est bien plus petit que celui des calibres moyens et, par suite, l'espace dangereux est beaucoup plus grand. Par exemple, à 5.500 mètres, un canon de 305^{mm}, ayant une vitesse initiale de 730 mètres par seconde, a un angle de chute de 4°75, tandis que le canon de 152^{mm}, ayant même vitesse initiale, a un angle de chute de 8°50, et les espaces dangereux, pour une cible de 10 mètres de hauteur, sont respectivement 110 mètres et 58 mètres. Enfin, les gaz chauds dégagés par le tir des pièces de moyen calibre, s'ils viennent dans le champ des grosses pièces, réfractent les lignes de visée de ces dernières jusqu'au moment où ils se sont dissipés. La présence de pièces de moyen calibre constitue donc, dans la plupart des cas, un obstacle à la rapidité et à la justesse du tir des grosses pièces. »

Devant ces résultats, l'Angleterre n'a pas hésité à réaliser pratiquement le bâtiment cuirassé idéal dont le célèbre ingénieur italien, le Colonel Vittorio Cuniberti, a jeté les bases dans une étude fameuse. Elle a pensé que les canons de gros calibre, dont l'efficacité était autrefois problématique, devenaient des outils auxquels on pouvait désormais faire rendre tout leur effet utile. Elle a considéré qu'avec les moyens mécaniques de commande du tir dont elle avait doté ses navires, et surtout avec les officiers et les servants qu'elle possédait, elle avait la même certitude de mettre au but un projectile de 305^{mm} qu'un de 194^{mm}. Ainsi, en même temps que la proportion d'explosif que pouvait lancer en une minute un nombre donné de pièces de 305^{mm} et de pièces de 194^{mm} se trouvait renversée à l'avantage de 305^{mm}, la probabilité d'atteindre le but devenait supérieure pour les gros calibres, et la commande du tir plus facile et plus sûre si elle ne s'appliquait qu'à un seul calibre : le navire le plus puissant devenait donc celui qui aurait le plus de pièces du plus gros calibre.

On n'était arrêté dans cette voie que par la question du déplacement. L'Angleterre n'a pas balancé ; elle a augmenté le tonnage de ses nouveaux cuirassés de manière à y placer le plus grand nombre possible de canons de 305^{mm}. Elle a armé le *Dreadnought* et les trois navires qui l'ont suivi avec les pièces qui, à ce moment, produisaient le maximum d'effet à la plus grande distance, soit en agissant par perforation avec des projectiles de rupture, soit en lançant des obus à grande capacité d'explosifs destinés à opérer comme mines.

Les *Dreadnought* sont des navires auxquels on a voulu donner la plus grande capacité de tir possible en les armant avec des canons capables de produire l'effet destructeur maximum.

La vitesse supérieure qu'on a réalisée sur ces cuirassés a eu pour but de leur donner la faculté de se mettre à la distance la plus favorable pour utiliser au mieux leur formidable puissance de destruction. En même temps, on a cru devoir accroître l'épaisseur du blindage et son développement pour garantir le mieux possible des instruments de combat aussi coûteux et, par suite, aussi précieux. On est ainsi arrivé à des tonnages de 18.000 à 20.000 tonnes.

Digitized by Google

Le *Dreadnought* a bien ouvert une ère nouvelle dans la composition des flottes de guerre. Non seulement les grandes marines ont suivi l'élan donné par la Marine britannique, mais des nations qui n'avaient jamais songé à avoir de grands navires ont suivi le mouvement, estimant sans doute que l'acquisition de navires d'une capacité de tir inférieure, même si elle était moins coûteuse, était une dépense folle parce qu'inutile.

Il est à souhaiter pour les marines qui ont copié l'Angleterre qu'elles possèdent des méthodes de tir aussi perfectionnées, des canonniers aussi entraînés et des équipages aussi disciplinés. Il résulte de ce que nous avons exposé plus haut que c'est à ce prix, et à ce prix seulement, que les *Dreadnought* peuvent avoir une valeur supérieure à celle des anciens cuirassés.

III. — Le secret des constructions.

Un coup d'œil jeté sur les derniers cuirassés mis en chantier ne sera pas inutile pour se rendre compte jusqu'à quel point les idées anglaises ont été acceptées par les principales marines, comment elles ont été appliquées et avec quelles variantes.

Malheureusement, il n'est pas très facile de lever le voile qui recouvre les dernières créations, surtout en ce qui concerne la composition et la disposition de l'artillerie. Les Puissances étrangères ont trouvé que ce n'était pas assez de concevoir et d'établir dans le silence du cabinet les projets qui leur paraissent susceptibles d'assurer pendant un temps la supériorité à leur dernier type de cuirassés; elles mettent en chantier, lancent et achèvent des navires dont le nom seul est connu. Les Parlements, même le Parlement anglais, toujours si jaloux de ses prérogatives, ont, avec une confiance que les résultats justifient, renoncé à connaître même les grandes lignes des navires dont ils votent la mise en chantier.

Les constructeurs qui, autrefois, cherchaient à se faire une réclame légitime en fournissant des renseignements sur les bâtiments qu'ils construisaient pour les Puissances étrangères, se refusent à donner les indications les plus inoffensives, à dire, par exemple, quelles sont les dimensions principales, ou quel est le type de chaudières dont ils comptent se servir. On ne sait, pour ainsi dire, rien des nouveaux cuirassés brésiliens en construction en Angleterre. Sans doute, on trouve dans quelques journaux, ou dans certaines revues, des renseignements relatifs aux bâtiments mis en chantier, mais les données sont discordantes. En particulier, en ce qui concerne l'Allemagne, il semble y avoir eu de nombreuses variations dans les plans, ce qui est encore de nature à augmenter l'obscurité ; c'est ainsi qu'on ne sait pas au juste si les cuirassés de la classe *Ersatz-Sachsen*, dont quelques-uns sont déjà à flot, auront seize canons de 280^{mm} ou seulement douze de ces pièces.

Cela posé, et toutes réserves faites sur l'exactitude des détails, nous allons tâcher de présenter, telles qu'on peut les supposer, d'après des rensei-

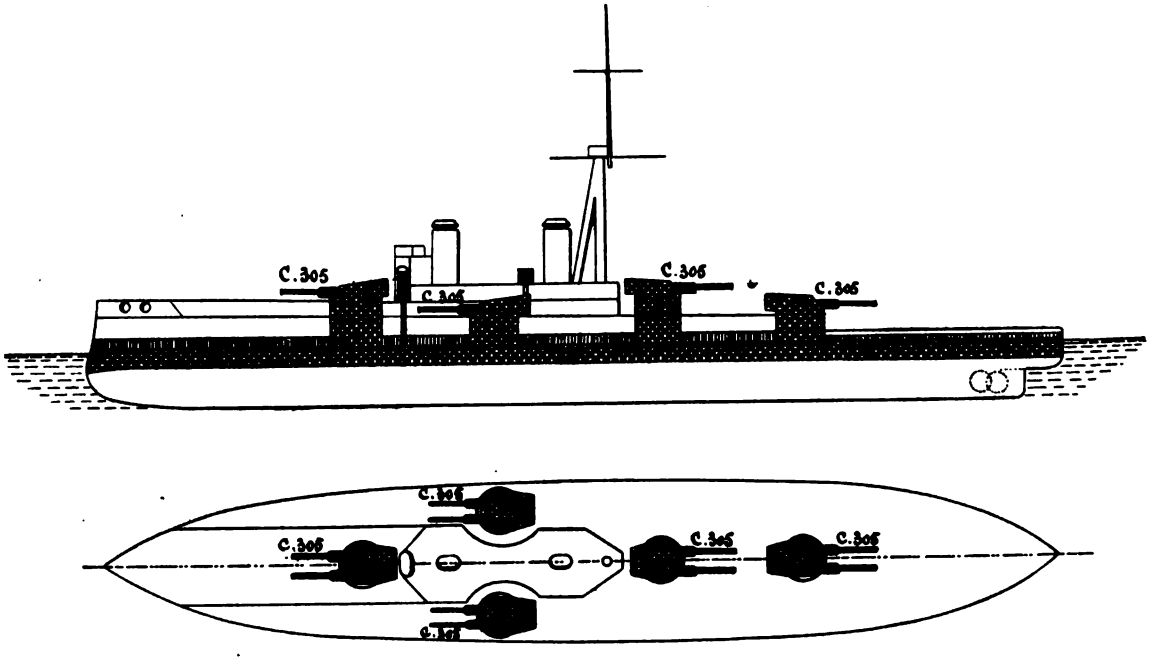


Fig. 1. — *Schéma d'un cuirassé anglais du type* Bellerophon.

Digitized by Google

gnements publiés dans la presse, les données des nouveaux cuirassés mis en chantier dans les principales marines, en les groupant d'après la composition de leur artillerie.

IV. — Cuirassés en construction.

Angleterre.

Dernier type (1907-1908) : Peu d'éléments connus.

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D[1] . . . . 20.300 tonneaux environ.	Canons : 8 de 343mm, 45 calibres. ou 12 de 305mm, 50 — ? de 102mm, T.R.		Moteurs : Turbines Parsons.

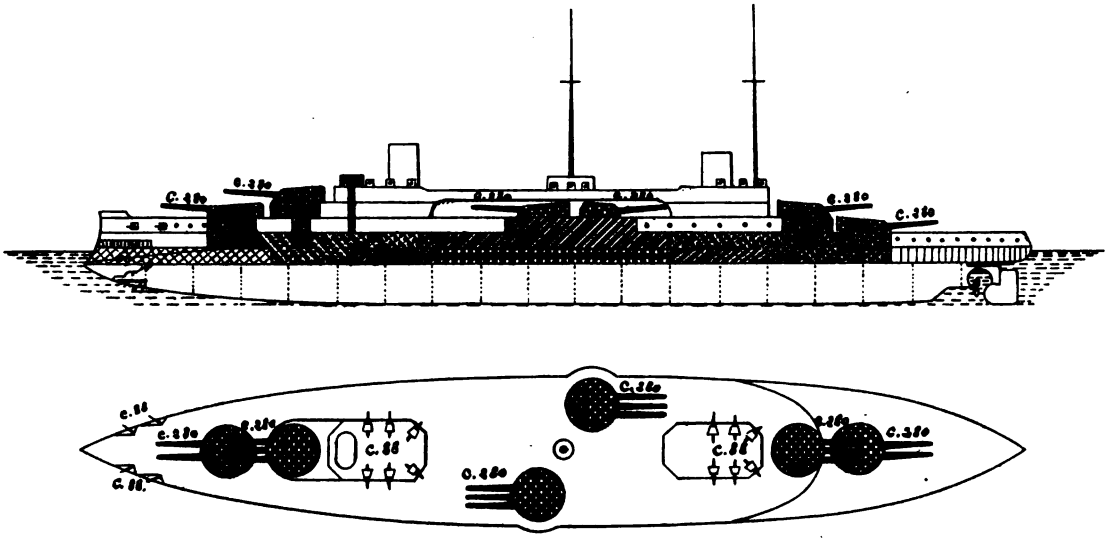


Fig. 2. — *Schéma d'un cuirassé allemand dernier type.*

Avant-dernier type (1906-1907) : *Bellerophon*, *Téméraire*, *Superb*. Bordée de huit 305 (fig. 1).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 18.900 tonneaux. L . . . . 158m,50 *l*. . . . . 25m,00 T . . . . 8m,85 V . . . . 20,75 nœuds. E . . . . 800 hommes.	Canons : 10 de 305mm, 46 calibres. 20 de 102mm, T.R. Tubes lance-torpilles sous-marins : 4 par le travers, 1 à l'arrière.	Ceinture à la flottaison. { Avant . . 152mm Milieu . . 280 Arrière . . 102 Ceinture supérieure { Avant . . 152 Milieu . . 203 Arrière . . 152 Pont-talus . . . . . 70 Tourelles . . . . . 203 Barbettes . . . . . 305 Blockhaus avant . . 305 — arrière . . 203	Moteurs : Turbines Parsons. 4 hélices. Puissance, 23.000 chevaux. Charbon et pétrole : . Approvisionnement normal, 900 tonnes. Avec surcharge, 2.000 tonnes.

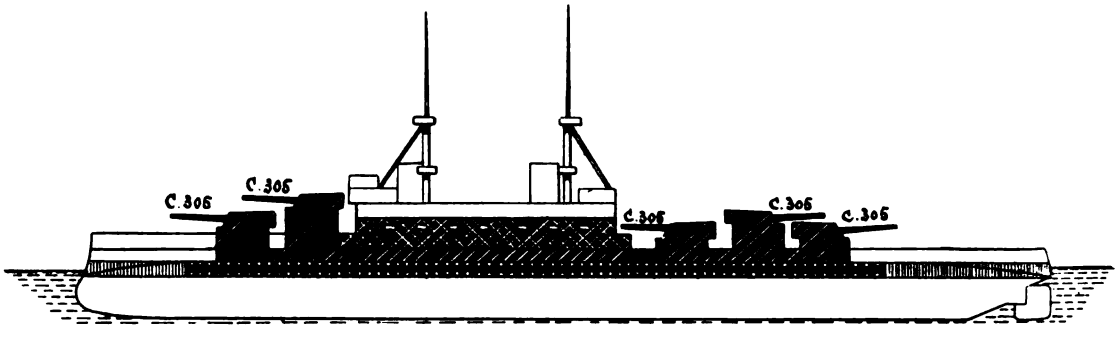
[1] Abréviations : D, déplacement normal; L, longueur à la flottaison; *l*, largeur à la flottaison; T, tirant d'eau maximum; V, vitesse; E, équipage.

Digitized by Google

Allemagne[1].

Dernier type (1906-1907) : *Ersatz-Sachsen, Ersatz-Bayern, Ersatz-Baden, Ersatz-Wurtemberg.* Bordée de seize 280 (fig. 2).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 18.000 ou 19.000 tonneaux. V . . . . 19 nœuds. E . . . . 860 hommes.	Canons : 16 de 280mm, 50 calibres. 22 de 88mm, T.R. Tubes lance-torpilles sous-marins : 4 par le travers. 1 à l'avant. 1 à l'arrière.	Ceinture. { Avant . . 102mm Milieu . . 305 Arrière . . 102 Barbettes . . . . . 280 Blockhaus. . . . . 305 Cloisons latérales contre les torpilles . . 50	Moteurs : Machines alternatives. 3 hélices. Chaudières Dürr.



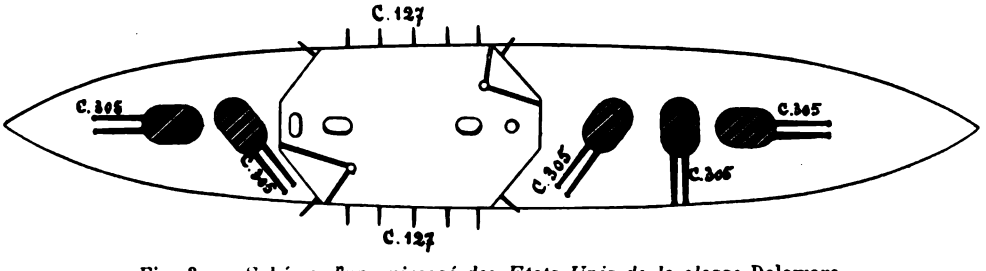


Fig. 3. — *Schéma d'un cuirassé des Etats-Unis de la classe* Delaware.

États-Unis.

Dernier type (1907) : Classe *Delaware.* Bordée de dix 305 (fig. 3).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 20.320 tonneaux. D . . . . 22.430 en surch. L . . . . 115m,45 *l* . . . . 26m,00 T . . . . 8m,31 V . . . . 21 nœuds.	Canons : 10 de 305mm, 45 calibres. 14 de 127mm, T.R. 4 de 47mm, — 4 de 37mm, — 2 mitrailleuses. Tubes lance-torpilles sous-marins : 2 par le travers.	Ceinture. { Milieu . . 280mm Supér. . . 254 Batterie . . . . . 127 Tourelles . . . 305 à 203	Moteurs : Machines alternatives.

[1] Les renseignements indiqués ci-dessus sont conformes à ceux donnés par l'*Almanach de Pola*; d'après le *Naval Annual* de 1908, il est plus que probable que l'armement se composerait de douze canons de 280mm, de vingt de 167,6, d'un certain nombre de 86mm et de six tubes lance-torpilles sous-marins. L'*Ersatz-Bayern* et l'*Ersatz-Sachsen* seraient mus par des turbines développant 2.500 chevaux, la vitesse prévue serait de 19 nœuds et la distance franchissable de 5.500 milles à 10 nœuds.

Digitized by Google

France.

Dernier type (1906-1907) : Classe *Danton*[1]. Bordée de quatre 305 et de six 240 (fig. 4).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 18.350 tonneaux. L . . . . 145m,00 l . . . . 25m,65 T . . . . 8m,44 V . . . . 19 nœuds. E . . . . 753 hommes.	Canons : 4 de 305mm, 50 calibres. 12 de 240mm, 50 — 16 de 75mm, T.R. Tubes lance-torpilles sous-marins : 2 par le travers.	Ceinture. { Avant . . 200mm Milieu . . 270 Arrière. . 200 Ponts . . . . . 75 Tourelles . . . { 305 - 300 240 - 220 Blockhaus. 305	Moteurs. Turbines Parsons. 4 hélices. Puissance, 22.500 chevaux. Chaudières Belleville et Niclausse. Charbon : Approvisionnement normal, 925 tonnes. Avec surcharge, 2.000 tonnes.

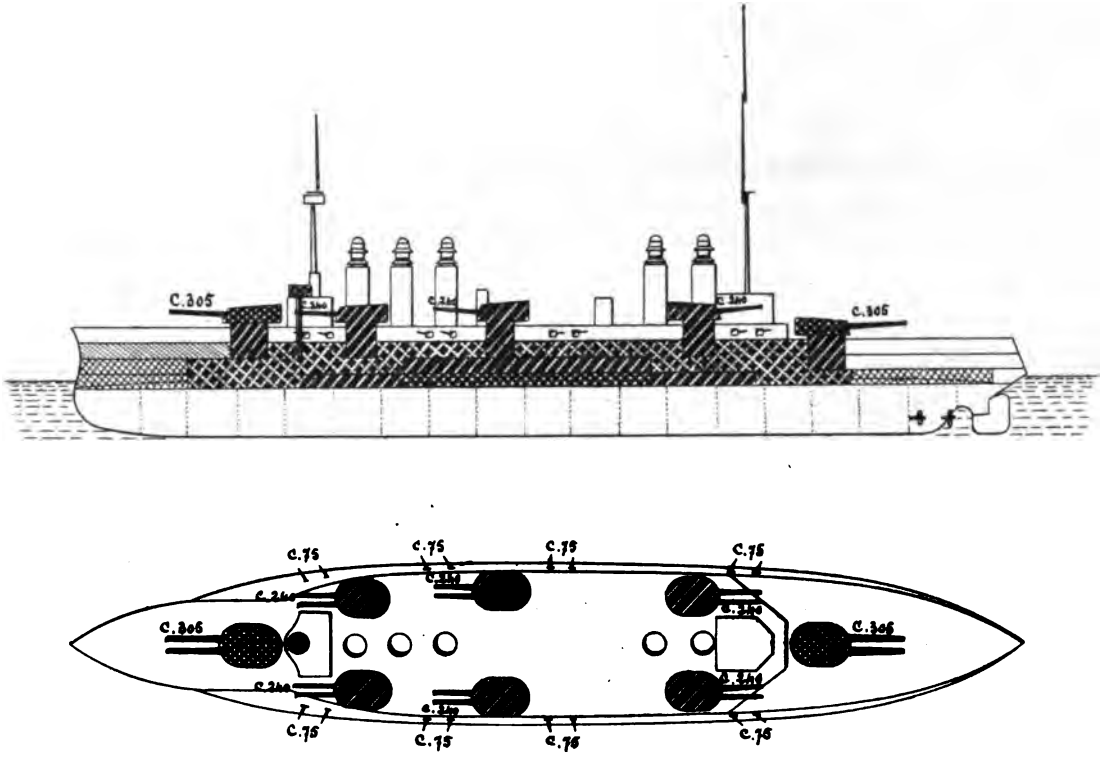


Fig. 4. — *Schéma d'un cuirassé français de la classe* Danton.

Italie.

Dernier type (1907)[2] : Bordée de huit 343 (fig. 5).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 18.000 tonneaux.	Canons : 8 de 343mm, 45 calibres. ou 305mm, 45 — 12 de 120mm, T.R.		Machines alternatives.

[1] Données tirées du journal *le Yacht*, n° 1515, 23 Mars 1908.
[2] Le calibre des grosses pièces serait de 320mm, d'après le *Naval Annual* de 1908.

Digitized by Google

Autriche.

Dernier type (1907-1908) : Classe *Ersatz-Tegethoff*. Bordée de quatre 305 et quatre 240 (fig. 6).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 14.500 tonneaux. L . . . . 131m l . . . . 25m T . . . . 8m,10 V . . . . 28 nœuds.	Canons : 4 de 305mm, 50 calibres. 8 de 240mm, 50 — 20 de 100mm, . . T.R. Tubes lance-torpilles sous-marins : 2 par le travers. 1 à l'arrière.	Ceinture à la flottaison { Avant . . 100mm Milieu . . 230 Arrière . . 100 Ceinture supérieure. 150-60 Batterie . . . . . 120 Pont . . . . . 48 Tourelles . . . { 305 - 250 240 - 200 Blockhaus. 250	Moteurs. Machines alternatives. 2 hélices. Puissance, 20.000 chevaux. Chaudières Yarrow.

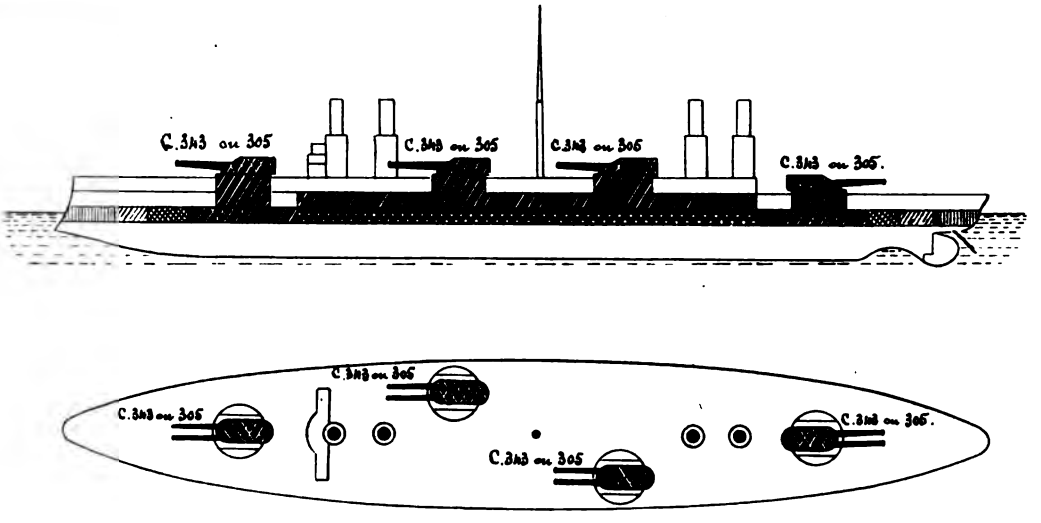


Fig. 5. — *Schema d'un cuirassé italien dernier type.*

Japon.

Dernier type (1906-1907) : Bordée de huit 305 (fig. 7).

CARACTÉRISTIQUES	PUISSANCE OFFENSIVE	PROTECTION	MACHINERIE
D . . . . 21.100 tonneaux. L . . . . 146m,00 l . . . . 26m,25 T . . . . 8m,61 V . . . . 20 nœuds.	Canons : 12 de 305mm, 45 calibres. 10 de 152mm, 50 — 12 de 120mm, 50 — Tubes lance-torpilles sous-marins : 4 par le travers. 1 par l'arrière.		Moteurs. Machines alternatives. Puissance, 26.500 chevaux. Chaudières Myabara.

V. — Gros, petit et moyen calibre.

Avant d'examiner la composition de l'artillerie portée par les navires dont nous venons d'indiquer les principales données, il importe de définir ce que l'on doit entendre par gros et moyen calibre.

Ces expressions ont varié, très justement à notre avis, au cours des vingt dernières années. Autrefois, la grosse artillerie comprenait les pièces de 200mm et au-dessus, l'artillerie moyenne les canons de 90 à 194mm, la petite artillerie ceux de 37 à 75mm. Aujourd'hui comme alors, le plus gros calibre qui puisse être rangé dans l'artillerie moyenne est celui dont le projectile, d'un poids inférieur à 100 kilogs, pourrait au besoin être chargé sans trop de peine par des canonniers robustes et entraînés, dans le cas où les appareils mécaniques viendraient à manquer. Le canon de 194 appartient au moyen

Digitized by Google

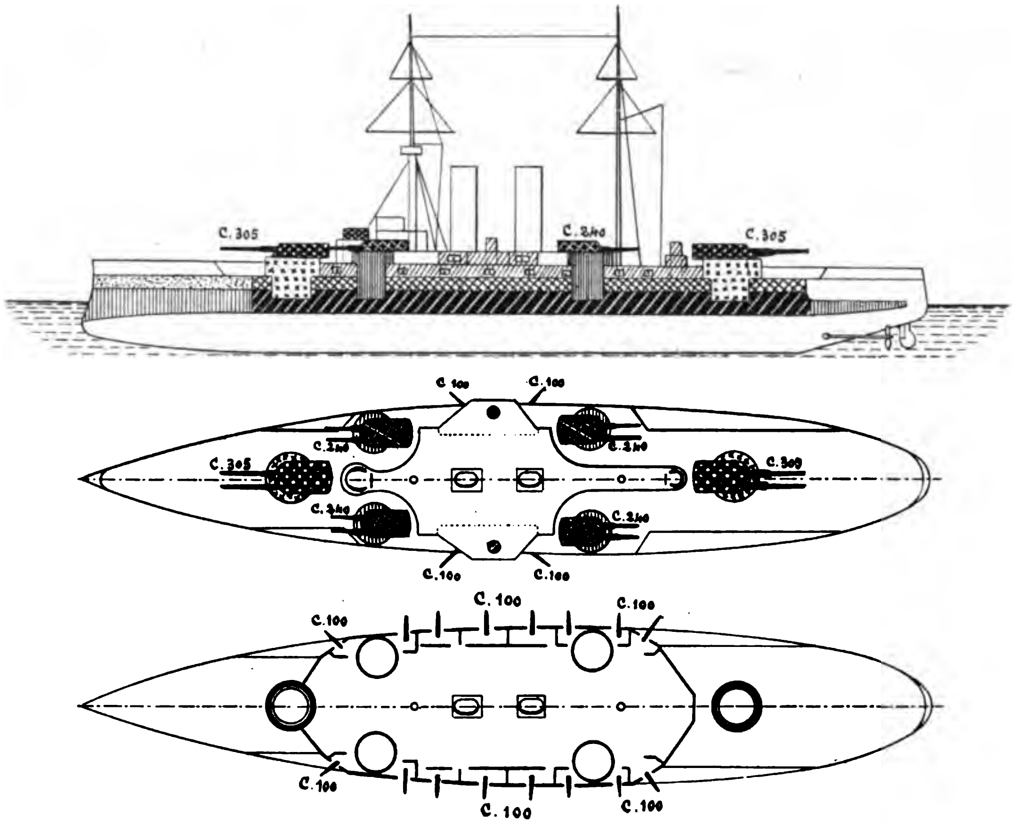


Fig. 6. — *Schéma d'un cuirasse autrichien de la classe* Ersatz-Tegethoff.

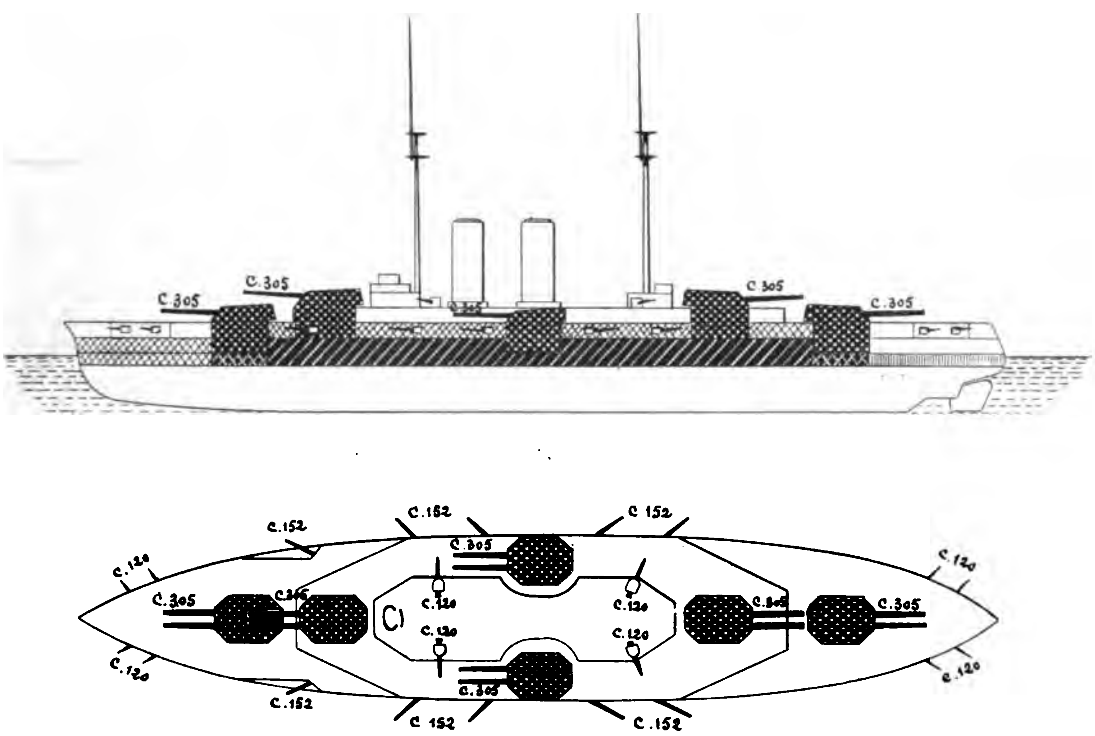


Fig. 7. — *Schéma d'un cuirassé japonais dernier type.*

Digitized by Google

calibre, tandis que la pièce de 200 doit être classée dans l'artillerie de gros calibre.

La limite entre l'artillerie moyenne et la petite artillerie est moins précise. Au fur et à mesure que la rapidité de tir des pièces de calibres de plus en plus forts augmentait, on a été tenté avec raison de relever cette limite en faisant passer successivement dans la petite artillerie la pièce de 90, puis celle de 100 et enfin celle de 120.

Le moyen calibre comprend des pièces facilement maniables, qui tirent un grand nombre de coups à la minute et lancent des projectiles chargés d'une quantité d'explosif suffisante pour produire des dégâts sérieux sur les ponts et les superstructures de l'ennemi. Les pièces de 194 et celles de 164,7, tirant quatre à six coups à la minute et lançant des obus qui peuvent contenir 6 kg. 5 et 4 kilogs d'explosif, répondent parfaitement à cette définition. La pièce de 127, qui tire huit coups à la minute et lance un projectile contenant à peine 1 kg. 5 d'explosif, n'est évidemment pas appelée à jouer le même rôle que les précédentes : cet engin ne remplit pas le même but; il doit être classé, non dans l'artillerie moyenne, mais dans la petite artillerie destinée à combattre les éclaireurs d'escadre et les torpilleurs. Le moyen calibre commence aujourd'hui au 138,6.

On doit donc comprendre dans la grosse artillerie les pièces de 200^{mm} et au-dessus, dans l'artillerie moyenne, celles de 138,6 à 194, et dans la petite artillerie, celles de calibre inférieur à 138,6.

VI. — Composition et disposition de l'artillerie.

Si l'on jette un coup d'œil sur la composition de l'artillerie des cuirassés en construction, et si l'on tient compte de ce que la Russie semble pencher nettement pour l'adoption du calibre unique de 305^{mm}, on voit que les préférences des diverses marines se répartissent comme suit :

Pour l'emploi exclusif de pièces de gros calibre . .	Un seul calibre : Angleterre, Allemagne, États-Unis, Italie, Russie. Deux calibres : France, Autriche.
Pour l'emploi simultané du gros et du moyen calibre.	Japon.

L'avis de la majorité des nations maritimes est clair; il se résume ainsi : abstraction faite de la petite artillerie, unité de calibre et calibre maximum ; c'est le *Dreadnought*.

Une seule nation, le Japon[1], se montre franchement hostile à cette conception et conserve la moyenne artillerie.

Entre le *Dreadnought* type et les nouveaux cuirassés japonais, deux intermédiaires ont trouvé place : le type allemand à calibre unique, mais un peu inférieur au maximum cherché par les autres nations; la combinaison française et autrichienne, avec deux calibres différents.

Nous avons déjà indiqué sommairement les raisons qui ont conduit les Anglais à remplacer sur le *Dreadnought* l'artillerie hétérogène d'autrefois par un armement formé de grosses pièces d'un seul calibre. Ce n'est pas sans un motif sérieux que la majeure partie des grandes nations maritimes a adopté à leur exemple l'unité de calibre. Sans doute, elles cherchent ainsi à obtenir une augmentation de la puissance offensive; mais leur objectif principal est de tirer un meilleur parti de l'artillerie au début de l'action. C'est là un point sur lequel on ne saurait trop insister, car il est capital. La victoire est à celui qui saura régler son tir le mieux et le plus vite; cela dépendra avant tout de la coordination du tir. Or, dans la pratique, cette coordination est délicate. La valeur de la hausse n'est pas la même avec les différents calibres; si on a deux calibres distincts, il faut une direction spéciale du tir par calibre. Il en résultera non seulement une fâcheuse complication des transmissions, mais encore une difficulté de réglage telle qu'aux grandes distances il vaudrait souvent mieux utiliser uniquement les pièces d'un même calibre plutôt que de se servir de toutes à la fois : c'est une solution à laquelle il semblera toujours dur de se résoudre.

D'autre part, les précautions à prendre avec un seul calibre sont déjà assez minutieuses pour qu'il y ait beaucoup de chances qu'elles ne soient pas aussi bien observées s'il y en a deux. C'est ainsi, par exemple, que, sur un même navire, pour un calibre déterminé, les poudres doivent être non seulement du même âge, mais du même lot, et avoir été maintenues aux mêmes températures dans les soutes; car la valeur de la hausse varie suivant les lots et, avec des poudres provenant d'un même lot, suivant les températures auxquelles elles ont été soumises. S'il n'y a qu'un calibre, les soutes peuvent être plus facilement disposées en des points où elles soient suffisamment protégées contre les élévations de température : en effet, les canons, étant relativement peu nombreux, peuvent être plus aisément desservis au moyen de corridors

[1] Nous répétons ici les réserves faites plus haut au sujet des renseignements que l'on possède sur les navires en construction. Dans la transformation de l'*Orel*, bâtiment pris aux Russes à Tsoushima et qui est devenu l'*Iwami*, les Japonais ont supprimé l'artillerie moyenne, en conservant 4 canons de 305 et en installant 6 tourelles de 203. Cela a semblé contradictoire avec les renseignements relatifs aux nouveaux cuirassés. Nous prions le lecteur de voir plutôt dans ce chapitre une méthode d'exposition qu'une affirmation de l'exactitude des intentions prêtées à telle ou telle Puissance.

Digitized by Google

appropriés lorsqu'il y aurait inconvénient, à cause de la proximité des sources de chaleur, à placer certaines soutes immédiatement à l'aplomb des tourelles. On aura des munitions moins nombreuses, mais plus sûres. Tout cela est à peser et justifie l'adoption de l'unité de calibre.

Le calibre unique peut être du 343 ou du 305, comme sur les cuirassés anglais, ou bien du 280, comme sur les navires allemands.

La solution allemande est, en général, considérée comme défectueuse par les écrivains maritimes anglais. D'après eux, un navire armé de canons de 280 sera certainement inférieur à un bâtiment portant des pièces de 305.

Rien n'est moins certain que cette assertion. Aux distances extrêmes de combat, envisagées comme possibles à tort ou à raison, un coup de 305 ne percera pas la cuirasse. Par conséquent, même si quelques projectiles de rupture de 305 frappaient la muraille, un plus grand nombre d'obus d'un calibre moindre, explosant sur le pont du navire ou peut-être même au voisinage de la flottaison, produiraient plus d'effet. Pour que le 305 fût réellement plus avantageux, il conviendrait que sa densité de tir fût équivalente, c'est-à-dire que, grâce au nombre de pièces et à la rapidité du tir, on pût lancer dans le même temps une plus grande quantité d'explosif.

Le but des Allemands a donc été tout naturellement de pouvoir tirer beaucoup plus de coups de 280 que leurs adversaires n'en tireront de 305. On leur prête l'intention de donner à leur artillerie une disposition qui peut faire supposer qu'ils y sont parvenus. Ils sont partis, comme les Américains, de ce principe que tous les canons doivent être employés simultanément dans le combat d'escadre : les *Ersatz-Sachsen* tireront seize coups de 280, pendant que les nouveaux cuirassés anglais lanceront six projectiles de 343 ou huit de 305, et ceux des États-Unis dix obus de 305.

Que vaut le plan allemand au point de vue pratique ? L'avenir seul le dira. *A priori*, la présence de trois canons dans une même tourelle semble difficilement se concilier avec la rapidité du tir qui est un facteur indispensable de succès, l'objectif des Allemands étant, comme celui des Anglais, d'écraser l'ennemi sous une pluie de feu et d'explosif avant qu'il n'ait pu régler son tir. La réaction de trois puissants canons tirant simultanément ne laisse pas de présenter de sérieux inconvénients, et peut être une cause de mise hors service rapide. Enfin, l'effet du souffle sur les ponts, sur les étages inférieurs, sur les tourelles voisines, paraît, à moins de précautions extraordinaires, devoir démolir le bâtiment et les hommes.

Il est possible que ces difficultés ne soient pas insurmontables. En ce qui concerne l'effet du souffle sur les ponts, les Italiens, qui ont déjà expérimenté des dispositions du même genre, n'hésitent pas à les reproduire en employant non pas des 280, mais des 305 et peut-être même des 343. Quant à l'objection d'après laquelle les trois pièces de l'une des tourelles de 280, qui tirent par-dessus les tourelles à canons jumelés de l'extrême-avant et de l'extrême-arrière, ne pourraient faire feu dans l'axe du navire sans mettre à mal le personnel en service dans la tourelle inférieure, elle tombe d'elle-même si l'on a renoncé de propos délibéré au tir simultané de toutes ces pièces dans un combat en pointe. On doit faire attention, quand on examine un plan étranger, à se dégager des méthodes de raisonner qui nous sont particulières : nous envisageons toujours les choses avec des idées absolues qui nous écartent parfois de la pratique. Voyant huit canons disposés de manière à pouvoir tirer tous à la fois sur l'avant, nous jetterions les hauts cris si l'on nous disait que cinq seulement sont susceptibles d'être utilisés dans cette direction. Il est très admissible que les Allemands et les Américains raisonnent autrement. M. Robinson, l'ingénieur bien connu de l'*U. S. Constructional Board*, a prononcé à ce sujet quelques phrases caractéristiques dans un Mémoire remarquable intitulé : *Notes on the development of Warship Designs*, qu'il a lu à l'*Association of Naval Architects and Marine Engineers*, en 1906 : « L'écrivain est d'opinion que, jusqu'ici, dans tous les services, on a accordé trop de considération, dans les plans, au développement des caractéristiques qui tendent à accroître l'efficacité du navire dans une action individuelle, au détriment de l'efficacité correspondante en escadre ou en armée navale. Cela est vraisemblablement dû au manque de connaissances nécessaires relativement aux manœuvres en escadre ou en armée, connaissances qui se sont accrues récemment dans de grandes proportions à la suite des manœuvres navales effectuées dans différentes contrées, et aussi à cause de l'expérience obtenue grâce aux guerres hispano-américaine et russo-japonaise ». C'est dire que le feu par le travers, effectué par des canons ayant un grand champ de tir sur l'avant et sur l'arrière, et un champ de vision encore plus grand, de manière à tenir constamment l'ennemi au bout de leur lunette, est plus important que le feu en pointe ; car celui-ci ne sert à rien dans les formations en ligne de file, où le feu de travers a, au contraire, toute son efficacité. Il n'y aurait donc rien d'étonnant à ce qu'une disposition qui, avec notre recherche de l'absolu, eût été en France l'objet de critiques violentes ait été adoptée en toute connaissance de cause par les Allemands et les Américains. L'objection que trois

Digitized by Google

pièces sur huit ne pourraient pas tirer dans l'axe leur aura paru négligeable et, s'ils n'ont pas pu y remédier, cela ne les aura pas autrement émus, étant donné que leur objectif principal est le tir de travers.

Quoi qu'il en soit, les Allemands étudient tout ce qu'ils font avec trop de méthode pour qu'on ait le droit de critiquer leur solution sans en connaître tous les détails. Ils feront l'*Ersatz-Sachsen* comme nous l'avons représenté d'après l'*Almanach de Polu* et le *Fighting Ships de 1907*, ou ils le feront différemment. S'ils le font tel, c'est que les objections précédentes auront été pratiquement évitées : il est fort possible qu'elles l'eussent été moins facilement avec du 305.

L'*Ersatz-Sachsen* sera vraisemblablement un bâtiment supérieur au *Dreadnought*, non pas à cause de la substitution du 280 au 305, mais malgré cette substitution, parce qu'il pourra tirer plus de coups à la fois. Les Anglais ont déjà répondu en prévoyant pour leurs nouveaux bâtiments l'emploi d'un calibre plus fort, du 343, afin d'accentuer la différence d'armement, et les Italiens paraissent disposés à les imiter.

La solution mixte adoptée par la France et l'Autriche consiste à employer les pièces de gros calibre seulement, mais admet deux calibres différents : du 305 et du 240. Cette conception paraît basée, avant tout, sur le désir de ne pas dépasser un déplacement donné. C'est là une manière de voir qui peut être motivée par l'importance des dépenses qu'exigent de trop gros déplacements (réfection de l'outillage des ports, des bassins, augmentation des moyens de production); elle ne repose pas sur des considérations stratégiques.

Ainsi que l'a exposé l'ingénieur de la marine italienne, le célèbre artilleur Ronca, on peut déterminer par un feu de salve d'un grand nombre de canons à chargement rapide la distance et les éléments de tir pour le calibre employé, mais non pour deux calibres différents. Quoique imaginée autrefois pour l'artillerie moyenne, la méthode de tir de Ronca peut convenir à un navire armé de seize canons de 280, tirant de 32 à 48 coups à la minute; elle ne s'applique pas à des bâtiments qui ne disposent pour une bordée que de quatre canons de 305 et de six de 240. Même avec d'autres méthodes d'appréciation des distances, la commande du tir est plus compliquée avec deux calibres qu'avec un seul.

L'emploi de deux calibres se justifie si l'on compte tirer parti isolément de deux sortes de pièces très différentes dans deux phases distinctes du combat. Il ne se comprend plus s'il s'agit de pièces de même nature destinées à produire simultanément leur maximum d'effet et à jouer le même rôle les unes que les autres. Aussi, quoique les journaux annoncent que les 240 lanceront trois coups à la minute tandis que les 305 en tireront deux seulement, l'unité de calibre nous paraît bien préférable du moment qu'on s'en tient exclusivement à la grosse artillerie.

Tout autre est la conception japonaise, nettement conservatrice, qui repose sur le maintien du gros et du moyen calibre à bord des nouveaux cuirassés. Elle a trouvé un chaud défenseur dans l'auteur d'une brochure célèbre : *Dreadnought-Heresie*, publiée à Vienne en 1907. D'après lui, les canons de moyen calibre, lançant des obus à explosifs, sont appelés à produire dès le début les plus grands ravages dans les œuvres mortes de l'ennemi; le feu en masse de ces pièces causera « une grande démoralisation, même sur les équipages les moins nerveux et les plus disciplinés, et l'on combat de cette manière les hommes, c'est-à-dire ce qui constitue la vie du bâtiment ».

Il y a, à notre avis, une autre considération, non moins sérieuse. Etant donnés leur poids et leurs dimensions, les projectiles de gros calibre seront toujours très peu nombreux. Les Anglais sont partis de ce principe qu'ils étaient aussi sûrs de toucher l'ennemi avec un coup de 305 qu'avec un de 194 ou de 164,7. L'amiral qui commandera une escadre ou une armée navale d'une autre nation aura-t-il une confiance aussi absolue dans son personnel? Possèdera-t-il la même certitude de pouvoir reconstituer ses approvisionnements s'il revient au port victorieux, mais les soutes vides? N'hésitera-t-il pas à risquer de perdre un bon nombre de ces précieux obus à une distance où il se croira avoir peu de chances de frapper juste? Dépensera-t-il des projectiles rares avec la même insouciance que s'il s'agissait d'obus d'artillerie moyenne, dont ses soutes seraient abondamment garnies? On voit d'ici les conséquences : tir trop tardif ou insuffisamment nourri, tandis que l'ennemi, s'il possède des pièces de moyen calibre, sèmera la destruction et le désarroi à bord des navires de l'escadre encore hésitante.

Quelles que soient leurs raisons, il était intéressant d'appeler l'attention sur ce que « les Japonais, qui, cependant, sont les mieux placés pour apprécier les modifications à introduire dans les cuirassés de l'avenir, sont très surpris de l'engouement violent des grandes marines européennes pour la suppression de l'artillerie moyenne ».

Le plan des Japonais mérite donc d'être examiné avec soin. Quand on regarde la composition de l'artillerie de leurs derniers cuirassés, une première question se présente à l'esprit : Comment, parmi les divers calibres de l'artillerie moyenne, les Japonais ont-ils été choisir un des plus petits? Qu'ils n'aient pas pris du 194, cela se conçoit : l'obus est

Digitized by Google

déjà lourd et difficile à manier et, un des avantages de l'artillerie moyenne étant de pouvoir au besoin se passer de mécanismes, on comprend qu'ils aient hésité à aller jusqu'au 194. Mais pourquoi n'avoir pas employé du 164,7 et être descendu jusqu'au 152, malgré la diminution de la quantité d'explosif qui résulte de ce choix, l'obus de 152 ne contenant guère plus de 1 kg. 8 de matière explosante? Ce n'est certainement pas la question de déplacement qui a arrêté les Japonais; ils ne s'embarrassent pas pour si peu. S'ils ont pris le 152 et non un calibre plus fort, c'est que c'est le 152 qui convient comme artillerie moyenne à l'exclusion de tout autre calibre : cela tient à ce que le 152 est le plus gros des canons qu'on puisse pointer d'une façon continue.

Pour bien comprendre le choix du 152 comme artillerie moyenne, il convient de citer la description que le Lieutenant-Commander Wm. S. Sims fait de la méthode de réglage de tir de ces pièces. Dans l'éloquent plaidoyer qu'il a formulé en faveur de l'unité de calibre[1], comme réfutation des idées du Capitaine Mahan, plaidoyer qui a rallié l'opinion des Etats-Unis à la thèse soutenue par lui, le Lieutenant-Commander Sims donne de cette question un aperçu très clair.

« Si le pointeur vise à travers le gaz de la poudre d'un autre canon, dès qu'il peut apercevoir la cible, il manquera presque toujours le but, parce que les gaz chauds réfractent la ligne de visée. Il lui faudra donc attendre que les gaz soient dissipés. Cette perte de temps est appelée interférence d'un canon avec un autre. En cherchant à avoir le plus grand nombre possible de touchés avec des canons de 305^{mm} et de 152^{mm} dans un certain intervalle de temps (c'est la mesure de l'efficacité du feu), on trouve que, lorsqu'on permet aux canons de 152^{mm} de tirer à volonté, l'interférence causée par les fréquentes bouffées de gaz qu'ils produisent est telle qu'elle diminue assez la rapidité de tir des canons de 305^{mm}, surtout ceux de la tourelle arrière, pour rendre inadmissible cette liberté de tir, car alors le bâtiment causerait plus de dommages à l'ennemi en cessant entièrement le feu de ses canons de 152^{mm} et en se servant uniquement des canons de 305^{mm}. On décida alors d'essayer de diminuer cette interférence en tirant les canons de 152^{mm} tous à la fois, c'est-à-dire par salve. On obtint alors un résultat inespéré, car, avec cette méthode, on eut plus de touchés de 152^{mm} par minute qu'avec le feu à volonté. Les feux de salve ne sont possibles qu'avec des canons que l'on peut pointer continuellement, c'est-à-dire avec des calibres moyens de 152 et au-dessous. Ils sont impossibles avec des canons de 200, et ne peuvent réussir avec des canons de 175^{mm} que si les pointeurs arrivent à pointer d'une façon continue en hauteur. Lorsque les canons de 152^{mm} tirent à volonté, ils peuvent tirer en moyenne sept coups par minute; lorsqu'ils tirent par salve, la rapidité moyenne de tir est de quatre coups par minute, la rapidité la plus grande obtenue étant de cinq coups par minute. »

Ainsi se justifie pleinement le choix des Japonais, qui ont pris pour leur moyenne artillerie le plus fort des calibres qui permette le tir par salves.

C'est en vain qu'on objecterait que, malgré la classification que nous avons donnée plus haut, c'est-à-dire malgré leur faible charge en explosif, les canons de 100, et *a fortiori* ceux de 127, pourront remplir dans une certaine mesure le rôle assigné à l'artillerie moyenne. Nous n'envisageons pas ces pièces, destinées à agir la nuit contre les torpilleurs, comme pouvant concourir à une action sérieuse pendant le combat de jour. Leur disposition gêne, à peu d'exceptions près, le champ de tir des grosses pièces, du moment que celles-ci sont en grand nombre. Cela est si vrai qu'il est question, sur les navires anglais, de munir les canons de 102 d'affûts à éclipse ou d'installations à pivot facilement démontables, de manière à pouvoir les mettre aisément en place le soir et à les faire disparaître à l'aube; car, une fois au poste de combat, ils limiteraient le champ de tir de la grosse artillerie. On ne saurait donc considérer ces pièces comme un auxiliaire de l'artillerie principale.

De l'exposé que nous venons de faire, la conclusion qui se dégage est la suivante : Deux solutions seules méritent d'être retenues : l'unité absolue de calibre avec des pièces de gros calibres seulement, ou la dualité comportant : 1° des pièces de gros calibre (du 305 de préférence à l'heure actuelle); 2° des pièces de moyen calibre (du 152 de préférence pour permettre les feux de salve). La première solution convient à des marines sûres à la fois de leurs méthodes de tir, de leurs transmissions d'ordres et de leur personnel; la seconde a plus de chance d'assurer la victoire à des nations qui n'auraient pas la certitude nécessaire relativement à ces derniers éléments. A chacun de choisir d'après ce qu'il sait ou croit savoir. Il est curieux de constater que le pays le plus modeste est le Japon.

Après avoir examiné en détail la puissance offensive, qui est la caractéristique principale du cuirassé moderne, nous passerons sommairement en revue, dans un second article, les autres particularités intéressant les nouveaux bâtiments.

A. Croneau,
Ingénieur en chef de la Marine.

[1] The inherent tactical of all-big gun, one caliber battleships of high speed, large displacement and gun-power.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Poincaré (H.), *Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.* — **Leçons de Mécanique céleste.** *Tome II, 1re partie.* — *1 vol. in-8° de 165 pages.* (*Prix* : 6 *fr.*) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

L'application de la méthode de la variation des constantes arbitraires de Lagrange, pour calculer les perturbations planétaires, suppose la connaissance du développement de la fonction perturbatrice effectué suivant les cosinus des multiples des anomalies moyennes. Après avoir établi la possibilité d'un pareil développement, dans le Tome I de son ouvrage, M. Poincaré en avait étudié la forme, puis les propriétés; mais il restait à exposer les moyens qui ont été mis en œuvre pour obtenir pratiquement les coefficients de ce développement.

C'est à cette question d'importance capitale que M. Poincaré a consacré le premier fascicule du tome II de ses leçons de Mécanique céleste.

Le problème du développement de la fonction perturbatrice avait déjà été exposé d'une façon magistrale par Tisserand, dans son grand Traité de Mécanique céleste; M. Poincaré fait même de fréquents renvois à ce recueil; néanmoins, les chercheurs qui se livrent à l'étude analytique du mouvement des astres liront avec fruit le nouveau livre, dans lequel le sujet est abordé par des voies souvent nouvelles, autrement fécondes que les anciennes.

A citer tout particulièrement, sous ce rapport, l'application des fonctions elliptiques au calcul des coefficients de Laplace, qui conduit l'auteur à des séries dont la convergence est incomparablement plus rapide que celle des suites employées jusqu'ici, pour évaluer numériquement ces coefficients. A citer aussi l'exposition de la méthode des opérateurs de Newcomb, pour passer du développement de la fonction perturbatrice, correspondant à deux planètes dont les orbites sont circulaires, au cas de deux planètes qui suivent des orbites elliptiques peu excentriques.

Ce fascicule contient, d'ailleurs, le résumé des travaux récents concernant les relations de récurrence qui existent entre les coefficients du développement de la fonction perturbatrice, question aussi importante que difficile et que M. Poincaré a lui-même contribué à faire progresser.

Les dernières pages du volume sont consacrées à l'exposition des méthodes servant à évaluer numériquement le coefficient d'un terme quelconque du développement, dépendant d'une différence donnée des multiples des anomalies moyennes, à défaut de séries convenables en fournissant explicitement la valeur algébrique.

On trouve, du reste, dans l'ouvrage, les indications nécessaires pour passer du développement effectué suivant les cosinus des multiples des anomalies moyennes à d'autres développements qui se présentent quand on substitue aux éléments elliptiques, primitivement adoptés par les astronomes, d'autres systèmes de variables.

De tous les ouvrages traitant de la Mécanique céleste, le nouveau volume de M. Poincaré est celui qui expose, à la fois avec le plus de concision et le plus d'ampleur, les questions si importantes qui se rattachent au développement de la fonction perturbatrice. Ce livre est indispensable à tous ceux qui veulent se tenir au courant de la théorie des perturbations planétaires et en faire des applications.

MAURICE HAMY,
de l'Académie des Sciences,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

Cordemoy (C. de), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Ports maritimes.** *Tome II.* — *1 vol. in-16 de 572 pages avec 360 figures.* (*Prix* : 15 *fr.*) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Le second volume sur les Ports Maritimes, dont vient de s'enrichir la Bibliothèque des Conducteurs de travaux publics, est, comme le tome I, un ouvrage très clair et très documenté.

Le tome II traite des questions suivantes : procédés d'exécution : bâtardeaux, épuisements; travail à l'air comprimé : scaphandres, cloches, caissons; construction des jetées, des môles et des digues; ouvrages extérieurs; utilisation des ports ; écluses ; murs de quai et leurs fondations ; canaux maritimes; ponts mobiles; ports naturels, ports de refuge et ports militaires. Un tableau de prix divers termine le volume, en donnant des indications précieuses relativement aux dépenses à prévoir pour la construction des ports.

L'ouvrage de M. de Cordemoy se distingue par son caractère éminemment pratique, par une savante critique des constructions déjà faites et un aperçu judicieux de celles de l'avenir. L'auteur y discute avec une grande compétence les procédés en usage et les installations existantes, en indiquant les améliorations à y apporter : il a mis à profit les travaux des meilleurs ingénieurs, notamment l'étude de M. Vétillart sur la Transformation du matériel de la Marine marchande, dont il donne un résumé très intéressant. Le chapitre consacré aux canaux maritimes contient des renseignements inédits. Bref, le tome II des Ports maritimes est, comme le premier volume, un ouvrage remarquable, tout à fait digne de l'autorité qui s'attache au nom de M. de Cordemoy en matière de Génie civil.

2° Sciences physiques

Sissingh (R.), *Docteur ès sciences, Professeur à l'Université d'Amsterdam.* — **Optique physique.** *2e édition. Tome IV du* **Traité de la Physique et de ses principales applications**, *publié sous la direction de* M. J. BOSSCHA. — *1 vol. de 768 pages, avec 312 figures et une planche.* (*Prix* : 25 *fr.*) *Sythoff, éditeur. Leyde*, 1908.

Le but de ce traité entièrement refondu, rédigé en hollandais, c'est d'introduire l'étudiant dans l'Optique physique en lui donnant un aperçu général des phénomènes, de leurs rapports mutuels et des principales théories établies pour les expliquer, afin qu'il soit à même de comprendre les ouvrages des fondateurs de cette partie de la Physique et d'en suivre le développement futur dans les Mémoires originaux. Toutefois, l'auteur s'est cru obligé de s'imposer une restriction relativement au traitement mathématique des théories, en s'efforçant de mettre toujours, dans l'explication des phénomènes, les notions physiques au premier plan et de maintenir aussi simples que possible les développements mathématiques indispensables; en évitant les difficultés de l'Analyse mathématique, il a tâché de concentrer toute l'attention du lecteur sur la signification physique. Ainsi il a consacré beaucoup de place à l'exposé des méthodes expérimentales qui ont mené, soit à la découverte, soit à l'explication des phénomènes. Heureusement, cette restriction dans l'emploi des moyens n'a nullement porté préjudice au tableau du développement de l'Optique physique actuelle que l'auteur s'est proposé de donner, ni ne l'a empêché d'introduire plusieurs phénomènes, ignorés par plusieurs auteurs de traités de Physique. Pour prouver cette assertion, nous

Digitized by Google

citerons quelques sujets spéciaux, en indiquant entre parenthèses les pages correspondantes. Ainsi le chapitre de l'interférence traite de la spectroscopie interférentielle (69-82, 91-100) et des expériences sur la composition des rayons d'une source. Le chapitre de la diffraction contient la théorie détaillée du pouvoir des instruments optiques et de l'influence de la diffraction sur la formation de l'image (203-220). Le chapitre de la double réfraction consacre plusieurs pages (297-309) à la réflexion totale contre des lames de cristaux à un axe; celui de la polarisation chromatique s'occupe des figures d'interférence dans les lames cristallines à l'aide des surfaces isochromatiques de Bertin (363-369, 375-378) et fait connaître, par rapport à la rotation naturelle du plan de polarisation par le quartz, la réfraction double elliptique en des directions déviant de l'axe optique (445-456), avec la belle démonstration expérimentale due à M. Croullebois (449). Un trait spécial de ce livre, c'est que les phénomènes y sont exposés d'une manière fondamentale qui met en lumière leurs rapports mutuels. Au lieu de multiplier de plus en plus le nombre des phénomènes, ce qui aurait réduit l'ouvrage à un répertoire de faits physiques, l'auteur s'est efforcé de faire paraître un traité, non pas un « compendium ». Que ce traité soit devenu assez volumineux, cela tient à ce que l'auteur, au lieu d'éviter les difficultés physiques qu'un lecteur peut trouver sur son chemin, les a cherchées partout pour avoir l'occasion de les élucider. De plus, conformément au but qu'il s'était proposé : celui d'éclairer l'Optique physique du côté expérimental, il a fait insérer un grand nombre de figures, en partie empruntées aux Mémoires originaux et en partie schématiques, soit pour l'exposition des appareils expérimentaux, soit pour l'explication de la méthode; aussi l'on y trouve plusieurs représentations graphiques (516, 541, 680) des photographies donnant des exemples de la décomposition variée des raies spectrales et de la rotation du plan de polarisation dans une bande d'absorption. En outre, le livre contient plusieurs tables.

Au courant de la plume, donnons un résumé du contenu du traité. Les phénomènes d'interférence sont divisés en deux groupes : ceux qui s'engendrent à l'aide de fentes étroites et ceux qui résultent de sources étendues de lumière; parmi ceux du premier groupe, remarquons l'expérience connue de Michelson et la modification du biprisme due à Abbe; parmi ceux du second, l'interférence à l'aide de deux plaques de verre sensiblement parallèles et de même épaisseur, où l'influence de la diffraction sur le phénomène d'interférence est presque entièrement exclue. Là l'auteur a appelé l'attention sur la différence de caractère des deux groupes de phénomènes, en tant que, comme l'a démontré Macé de Lépinay, ceux du second groupe sont seuls localisés; on y trouve, au lieu d'une déduction mathématique, une description minutieuse des expériences. Au contraire, les anneaux dans les plaques planes parallèles et les raies d'interférence de Brewster dans les plaques épaisses trouvent un traitement à la fois physique et mathématique assez simple. Après s'être occupé des réfracteurs interférentiels et de l'application des phénomènes d'interférence à la détermination de la dilatation et de changements infinitésimaux d'épaisseur, due à Fizeau et à Abbe, l'auteur développe la spectroscopie et la métrologie interférentielles; d'abord il fait connaître les recherches de Fizeau et de Fabry et Pérot à l'aide d'anneaux entre des couches planes parallèles, à faces légèrement argentées, en expliquant par des calculs simples l'augmentation de la clarté des anneaux et leur importance par rapport à la détermination des longueurs d'onde, puis l'examen de la composition du rayonnement attaqué pour la première fois par Michelson, ce qui donne l'occasion d'intercaler l'évaluation du mètre en longueurs d'onde par Michelson, et les recherches de Lummer et Gehrke sur la nature du rayonnement. Une discussion des ondes lumineuses stationnaires de Wiener et de la photographie en couleurs de Lippmann clôt le chapitre de l'interférence.

Le second chapitre, celui de la diffraction, débute par les phénomènes de diffraction de Fresnel. Un traitement élémentaire de la question à l'aide de la division de la surface sphérique ou cylindrique de l'onde en anneaux sphériques ou en bandes précède la théorie rigoureuse, où une représentation graphique de l'action d'une surface d'onde sphérique sur un point extérieur mène à l'application de la spirale de Cornu. Quoique l'auteur évite les calculs dans cette application, il fait ressortir que, d'après le principe d'Huygens dans sa première forme, il y a une erreur égale à $\frac{\pi}{2}$ dans la phase d'un point à l'extérieur de la surface d'onde et qu'une plaque plane portant des anneaux alternativement lumineux et obscurs peut agir comme lentille. Relativement aux phénomènes de diffraction de Fraunofer, une représentation graphique simple de l'action lumineuse d'une ou de plusieurs fentes en un point à l'extérieur mène à l'expression générale pour l'intensité de l'image de diffraction d'un nombre de fentes d'égale épaisseur placées à la même distance. Ensuite on trouve une discussion détaillée du pouvoir de discernement des spectroscopes à réseau, du réseau creux de Rowland, du spectroscope-échelon de Michelson, et des instruments optiques, les lunettes et les microscopes, suivie de l'exposition de l'ultra-microscope et de l'évaluation des parties infinitésimales qu'il nous permet de distinguer. De plus, une Note, ajoutée tout à fait à la fin du livre, donne la théorie du microscope de Köhler et von Rohr pour la lumière ultra-violette, instrument peut-être de plus d'importance que l'ultra-microscope.

Le troisième chapitre, sur la polarisation par réflexion et par réfraction, donne l'occasion d'introduire tout de suite l'hypothèse des vibrations transversales. Dans le chapitre suivant, sur la double réfraction dans les cristaux à un axe, l'auteur a emprunté mainte considération au « Traité de la Lumière » de Huyghens, dont l'exposition, d'après Lommel (n° 20 de *Ostwald's Klassiker*), est plus propre à introduire l'élève dans les lois de la double réfraction que ne le peuvent la plupart des traités modernes. Les directions de propagation et de vibration des deux rayons réfractés se déterminent à l'aide de la surface d'onde : après l'introduction de l'ellipsoïde de la polarisation et des amplifications géniales dues à Fresnel, la double réfraction des cristaux à deux axes est exposée. La réflexion totale contre des lames de cristaux à un axe est déduite à l'aide de la construction du rayon réfracté due à Huyghens. Quant à la réfraction conique, l'auteur mentionne que, d'après l'opinion de W. Voigt, le phénomène proprement dit n'a pas été observé.

Dans le chapitre sur la polarisation chromatique, l'auteur débute par les démonstrations expérimentales des lois de Fresnel et d'Arago; dans les considérations sur la polarisation elliptique de la lumière, il fait connaître la position des axes de l'ellipse pour s'en servir plusieurs fois. L'exposé des phénomènes de la polarisation chromatique en lumière parallèle ou convergente, dans le second cas à l'aide de la surface isochromatique de Bertin, est vivifiée par des esquisses schématiques des appareils correspondants et de leur disposition. L'auteur décrit minutieusement les particularités qui se présentent quand la lumière polarisée qui vient de traverser une lame cristalline est dispersée par un spectroscope. En réalité, son livre contient plus de détails sur les microscopes de polarisation et l'examen optique des cristaux que l'on n'en trouve dans la plupart des traités de Physique, où d'ordinaire on renvoie le lecteur à la Cristallographie physique.

Le chapitre sur la rotation naturelle du plan de polarisation contient, sur les polarisateurs et analyseurs de lumière polarisée circulairement et elliptiquement, une étude de Cotton, parue dans le *Journal de Physique*, ainsi que la double réfraction dans le quartz avec la démonstration expérimentale ingénieuse

Digitized by Google

de Croullebois, la découverte remarquable de Pocklington de la rotation du plan de polarisation par une dissolution sucrée, l'extension de cette propriété à plusieurs cristaux à deux axes, due à Dufet, et les polarimètres modernes à pénombre.

Le chapitre sur la réflexion par des corps transparents et des métaux est plus volumineux que les autres, sans doute parce que les recherches propres de l'auteur sont situées sur ce terrain. Ainsi les expressions de Fresnel ont été déduites suivant des méthodes indiquées par lui, et avec l'introduction des notions de la théorie électro-magnétique de la lumière et de ses démonstrations expérimentales pour l'intensité et la phase des faisceaux réfléchis, l'expérience à un et à trois miroirs de Lloyd et de Fresnel. La réflexion totale est traitée d'après Fresnel, la réflexion métallique à l'aide de deux conditions générales, auxquelles est soumis, d'après Lorentz, le mouvement de la lumière dans un milieu isotrope absorbant, indépendamment de toute opinion particulière sur la nature des phénomènes lumineux. L'auteur fait voir comment on en déduit immédiatement les questions principales de Ketteler, qui font connaître pour chaque direction dans le métal l'indice de réfraction et le coefficient d'absorption; à leur tour, ces équations mènent aux expressions de Cauchy. Le chapitre se termine par une discussion détaillée de la belle méthode de Voigt et de la question de savoir si la polarisation elliptique à proximité de l'angle de polarisation peut être due à des couches de transition.

Le chapitre suivant s'occupe de la double réfraction temporaire causée par compression de solides et de fluides, de la déduction des lois de Neumann, de la double réfraction dans les champs électriques et magnétiques, des recherches de Blondlot, de Lemoine et d'Abraham sur la possibilité d'une différence de phase entre la force électrique et la double réfraction qu'elle cause. Le chapitre IX traite de l'absorption de la lumière dans les cristaux et donc du dichromatisme et du pléochroïsme; on y trouve l'exposé des idées de Bertrand et de Mallard, les recherches de Cotton et la théorie des couleurs superficielles des cristaux. Dans le chapitre X, il s'agit de la dispersion de la lumière par des particules et de l'application de ce phénomène à l'explication des couronnes; l'auteur y expose les idées de Lord Rayleigh. Le chapitre XI est consacré aux phénomènes magnéto-optiques: la rotation du plan de polarisation dans les champs magnétiques, la démonstration expérimentale ingénieuse de la double réfraction circulaire dans la direction des lignes de force magnétiques due à Brace, l'examen de la différence de phase entre la force magnétique et la rotation par Bichat et Blondlot, les phénomènes de la réflexion par des aimants, découverts par Kerr, et plusieurs particularités qui s'y rapportent, déduites à l'aide de considérations sur la symétrie des phénomènes physiques développées par Curie et Lorentz, le principe de Doppler-Fizeau, la décomposition magnétique des raies spectrales, découverte par Zeeman en 1896, avec son explication élémentaire d'après la théorie de Lorentz, la recherche de Cotton sur la modification du pouvoir absorbant, la décomposition plus compliquée des raies spectrales, la rotation du plan de polarisation à la proximité et à l'intérieur d'une bande d'absorption et la double réfraction normale aux lignes de force. Enfin, le dernier chapitre, sur les opinions récentes relatives aux phénomènes lumineux, s'occupe des considérations qui exigent le remplacement de la théorie de l'élasticité par la théorie électro-magnétique, comme la relation entre l'indice de réfraction et la constante diélectrique, les propriétés des rayons résiduaires de Rubens, la pression exercée par les rayons lumineux, déterminée par Lebedew et Nichols, la déduction du pouvoir conducteur des métaux de leurs propriétés optiques par Rubens et Hagen. Ce livre excellent se termine par une exposition des phénomènes fondamentaux sur lesquels se base la théorie des électrons.

Hollemann (A. F.), *Professeur à l'Université d'Amsterdam.* — **Lehrbuch der anorganischen Chemie** (Manuel de Chimie inorganique). 5e *édition.* 1 *vol. in-8° de* 450 *pages.* — **Lehrbuch der organischen Chemie.** (Manuel de Chimie organique.) 6e *édition.* 1 *vol. in-8° de* 496 *pages. Veit et Cie, éditeurs. Leipzig,* 1907-1908.

La rédaction des manuels de Chimie devient de jour en jour plus difficile : pour signaler les découvertes récentes sans augmenter indéfiniment le format de ces ouvrages, il faut constamment élaguer, ou condenser l'exposé des faits et des doctrines en quelque sorte classiques. Ce travail doit être fait avec beaucoup de discernement et de méthode, si l'on veut conserver aux manuels leur caractère de livres d'étude suffisamment complets et pourtant concis et modernes. Peu d'auteurs sont parvenus à satisfaire d'une façon plus heureuse que le Professeur Hollemann, de l'Université d'Amsterdam, à ces deux conditions opposées et contraires. C'est ce qui explique le succès, presque sans précédent, de ses deux Manuels de Chimie, publiés pour la première fois en 1898 et 1900, et qui ont été successivement l'objet de plusieurs éditions très rapidement enlevées; leur renommée n'a d'ailleurs pas tardé à franchir les limites des pays de langue hollandaise et allemande, et des traductions en ont été publiées, ces dernières années, en anglais, en italien, en russe. Ces excellents manuels se distinguent par la large part faite aux conceptions physico-chimiques, introduites au fur et à mesure des besoins didactiques sous une forme aussi concise que claire. Ce mode de faire a le grand avantage d'en préciser la portée et l'utilité. Bien que les manuels du savant professeur d'Amsterdam ne soient pas conçus sur les plans des programmes officiels en France, ils sont de ceux dont la traduction française mériterait certainement d'être entreprise, car ils font connaître un mode d'exposition à la fois vivant, moderne et fructueux pour la Science.

Ph. A. Guye,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

Baumert (G.), *Professeur à l'Université de Halle,* **Dennstedt** (M.), *Directeur du Laboratoire chimique de l'Etat à Hambourg,* et **Voigtlænder** (F.), *Assistant au Laboratoire chimique de l'Etat à Hambourg.* — **Lehrbuch der gerichtlichen Chemie** (Traité de Chimie légale). 2e *édition. Tome I.* — 1 *vol. in-8° de* 490 *pages avec* 53 *figures.* (*Prix* : 15 *francs.*) *F. Vieweg, éditeur. Braunschweig,* 1908.

Ce Traité de Chimie légale est destiné à la fois à l'enseignement et aux praticiens. Le tome I est consacré à la recherche d'un grand nombre de poisons et de substances nuisibles à la santé dans les diverses parties du corps, l'urine, les matières alimentaires, l'eau, l'air, le sol et les ustensiles domestiques.

Dans une première partie, les auteurs indiquent les règles générales de l'analyse chimico-légale et les méthodes d'examen et de purification des réactifs employés ; ce dernier point est d'une importance capitale, car il est impossible de tirer des conclusions d'une analyse qui porte généralement sur des quantités minimes de matière si l'on n'est pas certain de l'absolue pureté des réactifs employés.

La seconde partie concerne la recherche des poisons inorganiques et organiques. Etant donnés le grand nombre et la diversité de ces substances, il était difficile de tracer la limite exacte entre la Chimie légale et la Chimie des matières alimentaires, car il arrive souvent que des substances non nuisibles sont employées pour falsifier les aliments et font alors l'objet de travaux chimico-légaux. Les auteurs ont traité le sujet très largement, de façon à faire de leur ouvrage un guide aussi complet que possible. La lecture en est facilitée par deux index des noms et des matières, et de nombreuses indications bibliographiques permettent de se reporter, si besoin est, aux sources originales.

Digitized by Google

3° Sciences naturelles

Leblond (Marius-Ary). — **La grande Ile de Madagascar.** — 1 *vol. in-8° de* 320 *pages, avec une carte et de nombreuses photogravures.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *Ch. Delagrave, éditeur. Paris,* 1908.

Cet ouvrage attire par des mérites divers, mais également solides. C'est à la fois un livre d'érudition, d'impressions personnelles et de poésie. La poésie y éclate partout, dans la description de l'île, dans l'étude de la civilisation et de l'âme malgaches; elle sort sans recherche et sans effort du sujet même, parfois un peu touffue seulement. Les impressions personnelles, complètes et sincères, présentent pour un géographe l'immense avantage de s'étayer sur la connaissance la plus sérieuse de la littérature, si abondante, à laquelle Madagascar a donné lieu : récits de voyages, études de sciences naturelles, travaux d'ethnographie et de linguistique. L'auteur est de ceux qui pensent avec raison qu'il est impossible, dans une entreprise semblable, d'ignorer ce qu'ont vu, décrit et expliqué les devanciers, et que celui-là risque de mal comprendre, d'aboutir à des affirmations fausses ou tronquées, qui s'en fie à ses seules observations, mêmes garanties par la préparation scientifique. — J'ajouterai que cette synthèse, si colorée et si vivante, est remplie du plus pur esprit géographique, puisque nous sommes sans cesse mis en présence des rapports multiples entre la nature et la vie organisée, entre le milieu tout entier et la vie humaine.

C'est à ce point de vue qu'il y a lieu d'insister, dans une brève analyse comme celle-ci, sur le choix, en général très heureux, des photographies; la plupart offrent une véritable valeur de démonstration. De même, la première partie du livre, intitulée « Les Régions et les Races », et la troisième, « La Vie Economique », sont celles qui doivent le plus retenir l'attention. On n'a jamais mieux saisi dans ses raisons d'être, ni mieux rendu dans ses traits essentiels la vie aquatique des pêcheurs Betsimisarakas dans la plaine lagunaire de l'Est, celle des forestiers Tanalas, celle enfin des Hovas sur les massifs rouges du centre, domaine du bœuf, du riz et des villages d'argile en amphithéâtre.

La bibliographie résumée qui termine l'ouvrage est précieuse, parce qu'elle est critique. Mais on y voudrait un peu plus de méthode.

J. Machat,
Docteur ès lettres,
Professeur au Lycée de Bourges.

Chenevard (W.). — **Memento du Colon de l'Afrique du Nord. Annuaire de l'Agriculture, 1908.** — 1 *vol. in-8° de* 380 *pages avec figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Imprimerie nouvelle,* 11, *Rue Al-Djazira, Tunis,* 1908.

Ce volume renferme, sous une forme condensée, tout un cours d'agriculture pratique à l'usage des colons de nos possessions de l'Afrique du Nord; ils y trouveront des renseignements précieux sur le génie rural, la chimie agricole, l'agriculture générale, l'horticulture, la viticulture, la vinification, l'élevage et les principales industries agricoles. On y a joint des indications relatives à l'exportation des primeurs en Allemagne, Angleterre et Suisse, très utiles pour les producteurs. Cet ouvrage mérite donc d'être accueilli avec faveur par les colons de l'Afrique du Nord, auxquels il rendra de grands services.

Curot (Ed.), *Médecin-vétérinaire.* — **Fécondation et Stérilité dans les espèces domestiques.** — 1 *vol. in-12 de l'Encyclopédie de l'Agriculture.* (*Prix* : 3 *fr.*) *Amat, éditeur. Paris,* 1908.

Cet excellent petit livre fait partie de la collection de l'Encyclopédie de l'Agriculture et des Sciences agricoles. Il a été écrit dans le but de faire connaître aux éleveurs les conditions sur lesquelles repose la fécondation et les lois qui, chez les Mammifères, président à cet acte important de la reproduction. Il est divisé en deux parties. Dans la première, l'auteur étudie les circonstances normales de la reproduction : les modes de génération, l'anatomie des organes génitaux, l'ovulation, la spermatogenèse, les phénomènes internes de la fécondation, les actes préparatoires de la fécondation, l'accouplement et la pratique de la monte, les anomalies de la fécondation, le diagnostic de la gestation, la durée de la gestation. La deuxième partie est consacrée entièrement à la stérilité. Les conditions étiologiques de cet accident sont des plus variées; leur connaissance embrasse, peut-on dire, toute la pathologie des organes de la génération. Aussi l'auteur a-t-il consacré un chapitre à cette pathologie, non pour traiter à fond un aussi vaste sujet, mais pour éclairer le diagnostic de la stérilité et en déduire un traitement curatif logique. Les autres chapitres traitent des causes de la stérilité chez le mâle et chez la femelle, du diagnostic de la stérilité et de la fécondation artificielle.

Tous les chapitres sont intéressants. L'auteur fait un exposé succinct, mais suffisamment complet, des faits fournis par l'observation et l'expérimentation physiologique. Les données pratiques sont toujours éclairées par l'exposé scientifique.

Notre confrère est partisan de la fécondation artificielle. Il souhaite qu'elle soit utilisée par les éleveurs, en dehors du traitement de la stérilité, comme un mode de fécondation normal sur toutes les poulinières.

Ce petit ouvrage s'adresse spécialement aux praticiens de l'élevage. Il fait grand honneur à M. Curot et aura le même succès que ses publications antérieures.

M. Kaufmann,
Professeur de Physiologie
à l'Ecole vétérinaire d'Alfort.

4° Sciences médicales

Roger (G.-H.), *Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Médecin de l'Hôpital de la Charité.* — **Introduction à l'étude de la Médecine.** 3e *édition.* — 1 *vol. in-8° de* 741 *pages. Masson et Cie, éditeurs. Paris,* 1908.

Ce qui intéresse le plus l'homme de science, aussi bien que le primitif ou l'enfant, c'est le pourquoi et le comment des choses. Sans la Pathologie générale, qui répond aux interrogations que le médecin se pose à tout instant sur le mécanisme physiologique des maladies et de leur guérison, la Pathologie et la Thérapeutique ne seraient que d'ennuyeux recueils de formules. L'étudiant qui, dans ses premiers contacts avec l'hôpital, cherche à se familiariser avec la Médecine, a besoin d'être aidé à chaque pas dans l'intelligence des faits; il faut que le chef de service, à propos de chaque cas pathologique, lui montre l'intervention des grands processus pathogènes : infections et intoxications, autogènes et hétérogènes, hérédité, éducation morbide, alimentation vicieuse, troubles nerveux et vasculaires, etc.; qu'il lui fasse suivre les processus réactionnels ou lésionnels au sein de l'organisme : inflammation, congestion, diapédèse, cicatrisation, gangrène, dégénérescences graisseuse, amyloïde, cancer, etc., qu'il lui indique, enfin, le mécanisme physiologique ou pathogénique des divers agents thérapeutiques employés.

Ce que le professeur ne peut dire et répéter tous les jours, à propos de chaque malade, l'élève le trouvera dans le livre, si documenté, de M. le Professeur Roger. La précision, la clarté, la simplicité avec laquelle le Maître expose les problèmes les plus ardus rendent son Introduction à l'étude de la Médecine puissamment intéressante pour tous : les jeunes y apprennent, les vieux y retrouvent ce qu'il faut savoir. Elle se lit comme un roman; quand on l'a ouverte, on ne peut plus la fermer.

J'aime beaucoup le premier chapitre, dans lequel

Digitized by Google

l'auteur donne la définition des principaux termes utilisés dans la science médicale et indique l'objet des diverses branches de la Pathologie ; c'est un excellent programme.

M. Roger étudie d'abord les agents morbides mécaniques et la manière dont l'organisme réagit contre eux ; puis les agents physiques divers ; la pression atmosphérique, la chaleur, les brûlures, les coups de soleil, le froid, la lumière, les lumières diverses et même les rayons X, le son, l'électricité ; enfin les agents chimiques : caustiques, toxiques, avec leur manière de pénétrer et d'adultérer l'organisme. Et il cite chaque fois des exemples pratiques, qui sont comme l'illustration et l'explication des idées théoriques émises.

Plusieurs chapitres sont consacrés aux agents infectieux, animaux et végétaux : après une courte description des principaux microbes pathogènes, M. Roger nous apprend d'où ils viennent, du sol, de l'air ou de l'eau, par quelles voies ils pénètrent dans le corps de l'homme, comment se produisent les hétéro et les auto-infections, par quel mécanisme agissent les microbes, fabricants de toxines, par quels moyens nombreux l'organisme évite les dangers auxquels il est sans cesse exposé.

Quand on connaît les deux volumes de M. Roger sur les Maladies infectieuses, résultat d'une longue et précise observation et expérimentation, on comprend combien ces chapitres sur les processus infectieux peuvent être intéressants.

Viennent ensuite deux chapitres sur les troubles de la nutrition, sur les diathèses, qui reflètent avec une grande clarté les doctrines du Professeur Bouchard. Je ne doute pas que, dans les éditions ultérieures, M. Roger ne soit amené à les remanier, d'autant plus que ses recherches portent aujourd'hui de préférence sur les fonctions nutritives, ainsi que nous le prouve son beau livre : « Alimentation et digestion ».

L'hérédité, son mécanisme physiologique et son rôle dans la pathologie, sont exposés d'une façon très moderne et très documentée.

M. Roger étudie l'inflammation, les divers processus qui la caractérisent, les suppurations, les gangrènes, les inflammations banales et spécifiques, la tuberculose et la pseudo-tuberculose, les septicémies et pyoémies, puis il arrive aux termes ultimes de l'inflammation, qui se conclut par les altérations épithéliales, par la réparation complète, ou encore par la sclérose.

De l'inflammation se rapprochent les tumeurs, que M. Roger essaie de classer et dont il expose les principales théories pathogéniques.

Après un chapitre sur les synergies fonctionnelles et les sympathies morbides, nous entrons dans l'étude même de la médecine par des considérations générales sur l'évolution des maladies infectieuses, puis des conseils sur l'examen des malades en général et des divers appareils. M. Roger, en clinicien doublé d'un savant, montre dans quelles conditions les procédés scientifiques doivent fournir leur appoint pour l'établissement du diagnostic et du pronostic. Il conclut en exposant les principales thérapeutiques : symptomatique, étiologique, pathogénique et même naturiste.

Telle qu'elle a été conçue et exécutée, l'Introduction à l'étude de la Médecine est bien faite pour « aplanir, dans la mesure du possible, les difficultés auxquelles on se heurte quand on aborde l'étude d'une science ». Aussi a-t-elle obtenu un vif succès ; elle en est aujourd'hui à sa troisième édition, revue, augmentée, corrigée, rajeunie pour suivre les progrès si rapides de la science médicale ; et nous pouvons, sans nous tromper, lui prédire encore longue jeunesse.

Dr Marcel Labbé,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine,
Médecin des Hôpitaux.

5° Sciences diverses

Wallace (Alfred Russel). — **La place de l'Homme dans l'Univers ; études sur les résultats des recherches scientifiques sur l'unité et la pluralité des mondes.** — *Ouvrage traduit de l'anglais par* Mme C. Barbey-Boissier, *avec une introduction par* M. Th. Tommasina. (*Prix* : 10 *fr.*) *Schleicher frères, éditeurs. Paris*, 1908.

Wallace, qui fut l'émule de Darwin dans la découverte du rôle de la sélection naturelle, a écrit le présent volume en 1903, à l'âge de quatre-vingt-un ans ; déjà, dans ses belles études sur le transformisme, il s'était montré volontiers spiritualiste, et on ne s'étonnera pas que cette tendance n'ait fait que s'accentuer avec l'âge. Les thèses qu'il soutient sont remarquablement hardies et originales, et, même si on ne les accepte pas, on ne peut s'empêcher d'être troublé par ses arguments.

Pour Wallace, l'Univers stellaire ne renferme pas une quantité infinie d'étoiles ; il a, au contraire, une limite, en dehors de laquelle il ne paraît y avoir qu'un espace vide, infini et incompréhensible. Notre Soleil est placé à peu près au centre de la Voie Lactée, qui est presque circulaire, et, par suite, la Terre n'est pas éloignée de ce point ; il est probable que notre système solaire évolue selon une certaine orbite autour du centre de gravité d'un vaste groupe d'étoiles, de sorte que la position presque centrale qu'il occupe peut être permanente. L'analyse spectrale révèle l'uniformité de la matière dans l'Univers stellaire ; les mêmes lois mécaniques, physiques et chimiques valent aussi bien pour l'étendue qui nous entoure que pour la Terre.

La vie qui s'est développée sur notre globe, quelle qu'ait été sa prime origine, n'a pu se conserver et évoluer qu'en raison d'un certain nombre de conditions physiques, qui sont : 1° la régularité d'apports de calorique, ayant pour résultat une amplitude limitée dans la variation de la température, oscillant entre 0° et 40°, pour la majeure partie de la surface ; 2° une somme suffisante de lumière solaire, indispensable à l'évolution des végétaux ; 3° de l'eau distribuée partout en grande abondance ; 4° une atmosphère de densité suffisante, composée de gaz appropriés, qui sert de réservoir de chaleur et de régulateur de température ; 5° alternance rapide du jour et de la nuit, qui permet une régulation de température qui n'existerait plus si le jour et la nuit étaient, par exemple, cinq fois plus longs qu'ils ne le sont actuellement. Or, ces conditions physiques sont le résultat de conditions complexes de la Terre, telles que sa masse, sa distance au Soleil, l'obliquité de l'écliptique, la présence de poussières atmosphériques, les proportions relatives de l'eau et de la terre ferme. Aucune des autres planètes du système solaire ne réunit toutes ces conditions ; elles ont au moins un défaut qui suffit à les retirer de la catégorie des planètes aptes à produire et à maintenir la vie, même Mars, de trop petites dimensions, qui n'a peut-être pas de vapeur d'eau, même Vénus, dont l'hémisphère tourné constamment vers le Soleil doit être torride et aveuglant, tandis que l'autre moitié doit être obscure et glaciale. Il y a donc beaucoup de chances pour que la Terre soit la seule planète habitable et habitée de l'Univers, ou, pour parler autrement, s'il y a de la vie sur d'autres planètes, elle ne peut qu'être d'une essence fort différente de la vie terrestre. Enfin Wallace exprime sa conviction que, durant le processus complet de l'éclosion, de la croissance et de l'extinction des myriades de formes passées, la Terre s'est préparée pour son couronnement : l'Homme.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 7 Septembre 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. H. **Deslandres** a reconnu que les filaments solaires sont des tourbillons à axe horizontal, parallèle à la surface; ils sont prolongés par des alignements de même nature, qui se coupent sur les facules ou dans leur voisinage immédiat; les facules seraient des tourbillons à axe vertical. — M. **Giacobini** présente ses observations de la comète Marehouse (1908 *c*) faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.

2° Sciences physiques. — M. **Jean Perrin** a vérifié que la loi de Stokes, sur la force qui s'oppose au mouvement d'une sphère dans un liquide visqueux, s'applique encore pour des rayons de l'ordre du dixième de micron; il est permis de présumer qu'elle s'applique encore bien au delà. — M. **J. Bougault** a constaté que l'acétophénone peut se fixer sur l'acide benzoylacrylique en donnant de l'acide diphénacylacétique, F. 133°.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Marty** a reconnu que le petit groupe autonome des volcans des environs de Massiac a eu deux périodes, au moins, d'activité éruptive; il a émis des basaltes inférieurs remontant au Miocène supérieur et des basaltes supérieurs à l'époque du Pliocène supérieur. — M. **L. Joleaud** a constaté qu'un grand pli, formé par les marnes et marno-calcaires du Crétacé et de l'Eocène inférieur et moyen, a été charrié vers le Sud, sur les terrains de même âge, mais de facies différents, qui se trouvent au nord des monts de Constantine.

Séance du 14 Septembre 1908.

M. le Président annonce à l'Académie que M. H. Becquerel lui a légué une somme de 100.000 francs.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Darboux** a déterminé les systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides de Dupin, et, plus généralement, une famille de surfaces à lignes de courbures planes dans les deux systèmes. — M. **A. Demoulin** présente ses recherches sur la quadrique de Lie. — M. **Borrelly** adresse ses observations de la nouvelle comète 1908 *c*, faites à l'équatorial d'Eichens de l'Observatoire de Marseille. — M. **P. Chofardet** communique ses observations de la même comète, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon. — M. **E. Esclangon** montre que toutes les variations, en grandeur et en sens, de la vitesse du vent par rapport à sa vitesse horizontale peuvent être utilisées comme force motrice dans le vol plané.

2° Sciences physiques. — M. **P. Gaubert** a constaté que les éthers de l'ergostérine présentent une phase liquide anisotrope; leurs cristaux liquides sont plus visqueux que ceux des éthers correspondants de la cholestérine. Une goutte d'ergostérine, solidifiée après fusion, ne donne pas de sphérolites à enroulements hélicoïdaux.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Rodet** et **P. Delanoë** ont observé une relation manifeste entre la virulence des bacilles tuberculeux et la marche des cas de tuberculose dont ils proviennent. — MM. **G. Moussu** et **Ch. Mantoux** recommandent l'intra-dermo-réaction à la tuberculine, de préférence à la cuti- et à l'ophtalmo-réaction ou à l'injection sous-cutanée, comme plus simple, plus pratique et moins dangereuse. — M. **J. Sosnowski** a reconnu que les muscles des Invertébrés se fatiguent, en général, rapidement; plus la contraction est lente, plus vite la fatigue se produit. — M. **J. Chatin** a observé diverses formes mixtes d'altérations nucléaires dans les glandes nidoriennes de la Civette.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 18 Juin 1908.

MM. **E. Rutherford** et **H. Geiger** : *Méthode électrique pour compter le nombre de particules α émises par les substances radio-actives.* Voici les conclusions de ce travail : 1° En employant le principe de l'augmentation de l'ionisation par collision, l'effet électrique dû à une particule α simple peut être accru suffisamment pour qu'il devienne observable par un électromètre ordinaire; 2° La grandeur de l'effet électrique dû à une particule α dépend du voltage employé et peut varier entre de larges limites; 3° Cette méthode électrique peut être utilisée pour compter les particules α expulsées par tous les types de matières actives qui émettent des rayons α; 4° Si l'on prend le radium C comme source de rayons α, le nombre total de particules α expulsées par 1 gr. de radium en équilibre est de $3,4 \times 10^{10}$ par seconde; 5° Le nombre de scintillations observées sur un écran convenablement préparé de sulfure de zinc est égal, dans la limite des erreurs d'expérience, au nombre de particules α qui le frappent, compté par la méthode électrique. Il en résulte que chaque particule α produit une scintillation; 6° La distribution des particules α dans le temps est régie par les lois de la probabilité. Il est probable que la méthode électrique développée ci-dessus permettra également de compter le nombre de particules β émises par les substances radio-actives; les auteurs sont actuellement engagés dans ce travail. — MM. **E. Rutherford** et **H. Geiger** ont cherché à déterminer *la charge et la nature de la particule α*. En connaissant le nombre de particules α expulsées par seconde par 1 gr. de radium et la charge totale qu'elles transportent, on en déduit facilement la charge d'une particule. Cette charge est représentée par 2 *e*, *e* étant la charge d'un atome d'H, égale environ à $4,65 \times 10^{-10}$ unités E.S. Les auteurs déduisent de là que la particule α est un atome d'hélium pourvu d'une charge positive. De ces données on peut déduire les valeurs suivantes : Le volume total de l'émanation dégagée par 1 gr. de radium, l'émanation étant un gaz de poids atomique 222, est égal à 0,585 mm. cube. Le volume d'hélium produit par 1 gr. de radium est de 5×10^{-9} c. c. par seconde ou 158 mm. cubes par an. La durée de vie du radium est de mille sept cent soixante ans. — M. **H. Geiger** : *Sur la dispersion des particules α par la matière.* Au cours des expériences précédentes, l'auteur a remarqué que les rayons α subissent une dispersion manifeste en traversant la matière, qu'elle soit gazeuse ou solide. Il a noté qu'une partie des particules α, après avoir traversé des feuilles excessivement minces, sont déviées d'un angle appréciable. Il poursuit ses recherches sur le sujet. — MM. **W. C. D. Whetham** et **H. H. Paine** : *Les propriétés électrolytiques des solutions diluées d'acide sulfurique.* Les auteurs ont déterminé avec grand soin la conductivité équivalente des solutions diluées d'acide sulfurique. Le résultat général est la constatation d'une diminution de la conductivité équivalente aux grandes dilutions. Ce phénomène fut d'abord attribué à une diminution de la vitesse de l'ion hydrogène aux dilutions extrêmes, mais des expériences ultérieures ont montré qu'il n'en est rien. Seule la présence d'un peu

Digitized by Google

de carbonate d'ammonium dans l'eau, ayant résisté à tous les procédés de purification, paraît rendre compte du phénomène observé. — M. **H. E. Armstrong** : *Etude des processus opératifs dans les solutions.* VI. *L'hydrolyse, l'hydrolation et l'hydronation comme déterminants des propriétés des solutions aqueuses.* L'auteur estime que, dans les processus de dissolution, la substance dissoute est partiellement hydrolysée, les radicaux composants étant ensuite réarrangés, mais non mis en liberté; en même temps, les molécules simples contenues dans l'eau subissent aussi une scission et leurs radicaux composants sont, de même, réarrangés, mais non libérés. Ce double effet du mélange est un stade nécessaire dans la formation des électrolytes. — MM. **H. E. Armstrong** et **E. Wheeler** : *Etude des processus opératifs dans les solutions.* VII. *Les efficacités relatives des acides déduites de leur conductivité et de leur activité hydrolytique.* Les auteurs ont reconnu que la dilution a une influence contraire sur l'activité hydrolytique (déterminée, par exemple, par l'inversion du sucre de canne) et sur la conductivité, diminuant la première et augmentant la seconde; l'acide nitrique est le plus sensible à la dilution, l'acide sulfurique le moins, HCl occupant une position intermédiaire. — MM. **H. E. Armstrong** et **D. Crothers** : *Etude des processus opératifs dans les solutions.* VIII. *Influence des sels sur l'hydrolyse et détermination des valeurs d'hydratation.* L'introduction d'un sel dans une solution réduit la proportion des molécules effectives d'hydrolyte et d'hydrolyste; mais ceux-ci sont affectés à des degrés différents, suivant la stabilité de leurs molécules composées. Les « valeurs d'hydratation » qu'on déduit par cette méthode varient donc suivant les cas et ne sont que des valeurs apparentes. — MM. **R. J. Caldwell** et **R. Whymper** : *Etude des processus opératifs dans les solutions.* IX. *Détermination du pouvoir rotatoire optique.* Les auteurs décrivent un type de polarimètre à triple champ de Landolt-Lippich, modifié par le dispositif de Perkin, de façon à n'employer qu'une lumière absolument monochromatique et à donner des résultats exacts au 1/10.000e près pour les substances de grand pouvoir rotatoire. X. *Changements effectués par l'interférence réciproque du sucre de canne et d'autres substances (sels et non-électrolytes) dans les solutions aqueuses.* Les auteurs ont étudié l'influence, sur le pouvoir rotatoire du sucre en solution, de l'addition de divers sels; les résultats montrent qu'il ne se forme qu'une proportion relativement très faible d'un composé dissociable de sucre et de sel. Par contre, l'influence extraordinaire exercée par le sucre sur la conductivité électrique des sels en solution montre bien que les phénomènes ne peuvent s'expliquer que par la manière dont le solvant est modifié par le corps dissous.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION CANADIENNE

Séance du 16 Mai 1908.

MM. **E. P. Moore** et **J. W. Bain** ont déterminé la perte en carbone (dégagé à l'état d'hydrocarbures gazeux) pendant la solution de l'acier dans le chlorure de cuivre et de potassium. Dans le cas d'un acier à 0,653 °/₀ de C, la perte a été de 0,05 °/₀; avec un autre acier à 1,18 °/₀ de C, la perte a été de 0,04 °/₀.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 16 Juillet 1908.

M. Frobenius présente une Note de M. **E. Landau**, professeur à l'Université de Berlin, sur une *nouvelle démonstration de la formule des nombres premiers de Riemann.* Après la déduction heuristique de cette formule, faite par M. Riemann en 1859, M. von Mangoldt, en 1894, a été le premier à en établir une démonstration, sur la base des recherches d'Hadamard au sujet de la fonction zéta. L'auteur a réussi à trouver, par une voie plus directe, une démonstration bien plus étroitement affiné à la méthode de Riemann que celle qu'en a donnée le précédent mathématicien. — M. Müller-Breslau présente un Mémoire de M. **Fr. Kötter**, professeur à l'Ecole Polytechnique de Charlottenburg, *sur la torsion du fer angulaire.* En partant de la solution, donnée par Saint-Venant, du problème de la torsion d'une section rectangulaire, l'auteur traite ce même problème pour la section d'un fer angulaire à arêtes aigues, en supposant d'abord la longueur des côtés infinie en comparaison de la largeur, quitte à ajouter à cette solution préliminaire un terme supplémentaire permettant de satisfaire aux conditions de limite aux extrémités des côtés. Après avoir ainsi déterminé la distribution des tensions à l'intérieur de la section, l'on trouve, pour le moment de torsion, une formule relativement simple.

Séance du 23 Juillet 1908.

M. **A. Engler** adresse un Mémoire *sur la conformation de l'Afrique au point de vue de la Géographie botanique.* Loin de se borner à l'enregistrement pur et simple des résultats topographiques, les recherches de Géographie botanique doivent, de temps en temps, résumer l'ensemble des faits connus, de façon à faire ressortir les relations qui existent entre la répartition des flores et les conditions géographiques. Pour l'Afrique, il convient de tenir compte de la grande similitude de conditions qui existe jusque dans la région des lacs centraux et celle des sources du Ghazal, bien qu'une grande partie de l'Ouest doive, aux conditions climatériques locales, un endémisme très riche en hydromégathermes. L'auteur divise le continent d'Afrique, au point de vue de sa flore, en quatre régions, à savoir : 1° la région méditerranéenne; 2° celle des déserts nord-africains-indiens; 3° la région des forêts et des steppes africains; 4° la région de la Colonie du Cap. Chacune de ces régions se subdivise en plusieurs provinces et districts. — M. **Schottky** présente un Mémoire relatif à la théorie des fonctions de « symétral ». L'auteur désigne sous ce dernier terme une surface plane aux bords multiples, symétriques par rapport à une droite. — M. Nernst adresse une Note de M. **G. Eberhard** *sur la présence, très commune sur la Terre, du scandium*, considéré jusqu'ici comme l'un des éléments terrestres les plus rares. Comme les recherches antérieures avaient fait voir l'existence, en quantités apparemment très grandes, de cet élément sur le Soleil et sur les autres astres, il s'agissait de faire disparaître cette contradiction apparente avec les théories cosmogoniques attribuant une origine commune à tous les astres. L'auteur a constaté, par voie spectrographique, l'existence universelle du scandium dans les roches terrestres, sans qu'il puisse établir la moindre liaison entre la teneur en scandium, d'une part, et la composition chimique et la condition pétrographique, de l'autre. Il n'y a pas non plus de relation entre la présence de cet élément et les conditions géologiques des minéraux qui le renferment. Comme on se trouve, grâce à ce travail, en possession de moyens d'obtenir des quantités considérables de scandium, rien ne s'opposera à une étude chimique et surtout physico-chimique des propriétés si intéressantes de cet élément.

ALFRED GRADENWITZ.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 20 30 OCTOBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Recherches sur la rotation du Soleil. — L'étude de la rotation solaire, par la méthode spectroscopique de M. Duner, est, depuis plusieurs années déjà, poursuivie à l'Observatoire d'Edimbourg par M. Halm, qui a obtenu des résultats fort intéressants. L'appareil dont il fait usage pour ces sortes de recherches se compose d'un spectroscope fixe et d'un héliomètre qui permet de rapprocher les images des deux bords opposés du Soleil. On mesure alors, pour les deux bords, la distance de deux lignes du fer (6.301,72 et 6.302,71) à deux lignes telluriques voisines (6.302,21 et 6.302,98), qui servent de repères fixes; la demi-différence des distances trouvées pour les deux bords représente la déviation due à la rotation du Soleil; elle fait connaître la vitesse de rotation synodique, à laquelle il faut ajouter une correction, qui dépend du mouvement de rotation de la Terre, pour obtenir la vitesse de rotation sidérale (environ 2 kilomètres pour l'équateur solaire). La demi-somme des distances trouvées pour les deux bords correspond à la distance qu'on aurait obtenue au milieu du disque; elle est indépendante de la rotation solaire, mais elle contient les déviations dues aux mouvements annuel et diurne de la Terre dans la direction du rayon vecteur. Après avoir tenu compte de ces déviations, on devrait obtenir, pour les distances en question, une valeur constante. Or, il n'en est rien. M. Halm a constaté que les valeurs diminuent progressivement.

Voici, d'ailleurs, quelques chiffres :

DATES	DISTANCE DES LIGNES
1901, 6	0,3840
1902, 7	0,3783
1903, 7	0,3713
1904, 7	0,3722
1905, 8	0,3658
1906, 4	0,3621

La courbe qui représente les variations de cette distance (distance moyenne des deux lignes du fer à leurs repères) semble indiquer une période de trois ans. D'autre part, M. Halm ayant aussi, en 1906, mesuré la même distance au milieu du disque, l'a toujours trouvée plus grande qu'au bord; en d'autres termes, les lignes du fer sont déviées vers le rouge en allant du centre au bord, et la différence est, en moyenne, de 0,012 unité d'Angström.

Quelle est la cause de ce phénomène? M. Halm pense qu'on doit l'attribuer à l'influence de la pression supportée par les couches assez profondes qui donnent naissance aux lignes du fer, et dont le rôle devient prépondérant lorsqu'on approche du bord. Il faudrait en conclure que, de 1901 à 1906 (entre un minimum et un maximum des taches), la pression a augmenté à l'intérieur de l'atmosphère solaire, le niveau de la photosphère ayant baissé sensiblement. L'existence d'une période de trois ans est confirmée par plusieurs astronomes qui se sont spécialement occupés de l'étude du Soleil.

Enfin, M. Halm, en examinant séparément chaque année de la période 1899-1906, a remarqué que, vers 1901 (époque d'un minimum des taches), la vitesse de rotation des latitudes élevées a été beaucoup plus petite que vers 1905 (époque d'un maximum).

Il faudrait que de nouvelles observations vinssent confirmer cette loi.

§ 2. — Météorologie

Le Prix de la Société Météorologique allemande. — La Société Météorologique allemande vient d'instituer un Prix de 3.750 francs qui sera décerné au meilleur travail d'ensemble sur les observations météorologiques faites pendant les ascensions internationales de ballons et actuellement publiées.

Les savants de toutes nationalités sont admis à concourir; les travaux pourront être écrits en français, allemand ou anglais et pourvus d'une devise, répétée sur un pli cacheté renfermant le nom de l'auteur. Ils devront être adressés avant le 31 décembre 1911 au professeur G. Hellmann, 6 Schinkelplatz, à Berlin. Ils seront soumis à un jury de cinq membres, qui pourra diviser le prix s'il y a lieu.

L'influence de traces de gaz nitreux sur la condensation de la vapeur d'eau. — On sait

Digitized by Google

que la condensation de la vapeur d'eau est, soit forcée, soit spontanée, suivant qu'elle nécessite ou non, pour se produire, une sursaturation de la vapeur par rapport à l'eau pure. La rosée et les brouillards atmosphériques ordinaires, qui ne se produisent qu'après que la tension partielle de la vapeur atmosphérique a été réduite, par le refroidissement de l'air, au-dessous de la tension de saturation, sont des exemples classiques de condensations forcées, tandis que les brouillards produits par les vapeurs hygroscopiques (SO^3, Az^2O^5, etc.), au contact de l'air non saturé par rapport à l'eau pure, sont dus à la condensation spontanée.

Dans un Mémoire récent[1], M. E. Pringal se pose la tâche de donner la solution définitive de certains problèmes soulevés par de récents travaux traitant de la condensation de la vapeur d'eau, problèmes qui concernent l'effet condensateur de l'ozone et des oxydes d'azote.

Par une méthode basée sur la détente adiabatique, l'auteur constate que l'ozone pur lui-même ne favorise point la condensation de la vapeur d'eau. Lorsque, au contraire, l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène ont été soumis à un champ électrique alternatif ou à une étincelle électrique, l'on constate un surcroît de condensation, dû, paraît-il, à la formation de gaz nitreux, en présence de certaines impuretés dans les gaz étudiés.

L'ozone formé en présence d'humidité serait capable d'oxyder l'azote et de convertir des traces existantes de gaz nitreux ou d'azote pur en quantités plus considérables d'oxyde.

Ces résultats, qui permettent d'interpréter certains faits concomitants des orages, présenteraient une certaine importance pour l'appréciation des phénomènes atmosphériques. Même dans les conditions normales de l'atmosphère, l'ozone, — toujours présent, surtout à l'état naissant, — en oxydant une partie de l'azote atmosphérique, devrait rendre possible la condensation de la vapeur d'eau, même au sein de l'air non saturé. Aussi les gaz nitreux seraient-ils, pour les condensations atmosphériques, d'une importance comparable aux ions et aux particules de poussière.

§ 3. — Physique

Le choc longitudinal des barreaux et les constantes élastiques dynamiques des métaux. — Les vérifications expérimentales faites jusqu'ici de la loi proposée par Barré de Saint-Venant pour la vitesse de propagation des ondes longitudinales dans les barreaux métalliques avaient conduit à admettre que le module d'élasticité dynamique est supérieur au module statique. Toutefois, cette interprétation des expériences, parmi lesquelles celles de Wertheim sont les plus connues, ne semblait pas exempte de toute objection. S'il existe, en effet, un retard entre l'application de l'effort et la réaction élastique, l'examen des phénomènes produits par des chocs extrêmement brusques doit fausser légèrement le résultat.

D'après de Saint-Venant, la durée du choc longitudinal de deux barreaux identiques est égale au temps qu'emploie une onde pour parcourir les barreaux dans toute leur longueur et revenir au point de départ, en provoquant la séparation des surfaces en contact. Mais M. Voigt a déjà montré que ce résultat est fondé sur une théorie un peu trop simpliste, et que, pour les barreaux avec des extrémités arrondies (le problème est pratiquement mal défini avec des extrémités planes), il faut tenir compte, en outre, de la durée du choc local, c'est-à-dire de la réaction des portions du barreau immédiatement voisines du premier point d'impact. On peut alors séparer aisément les effets de contact et de l'onde longitudinale en opérant avec des barreaux de longueur croissante. L'inclinaison de la droite reliant les couples de valeurs de la durée et de la longueur des barreaux permet de calculer la vitesse, et l'abscisse à l'origine donne l'effet des bouts.

M. J. A. Sear, de St John's College, à Cambridge, vient d'exécuter une série de très belles expériences suivant ce programme. Les recherches ont porté sur des barreaux d'acier, de cuivre et d'aluminium, de 13 millimètres de diamètre, avec des arrondis terminaux de 25 millimètres de rayon. Ils étaient suspendus à la manière d'un pendule balistique, l'un d'eux étant retiré en arrière et abandonné, de manière à atteindre l'autre avec une vitesse de 15 centimètres par seconde environ. Des vitesses plus grandes étaient sujettes à produire des déformations permanentes au contact, alors que de faibles vitesses donnaient des résultats incertains.

Les durées étaient mesurées par la méthode de Pouillet, du pendule balistique. Elles étaient extrêmement courtes, au maximum de l'ordre du millième de seconde.

Pour les barreaux d'acier, le phénomène atteignait, dès les premiers chocs, son état définitif, tandis que, pour ceux des métaux moins élastiques, la durée du choc diminuait d'abord, pour atteindre, au bout d'un certain nombre d'expériences, une valeur définitive, inférieure à la première de quelques cent-millièmes de seconde. Cette diminution était due vraisemblablement à un léger aplatissement des bouts.

Les expériences doivent subir une petite correction pour tenir compte de la compression adiabatique du métal. Cette correction varie de 1 à 3 ‰ environ pour les trois métaux soumis à l'expérience. Le tableau suivant contient les valeurs de la vitesse de propagation des ondes longitudinales, observées et calculées en partant du module statique, avec ou sans la correction adiabatique ; ces vitesses sont données en mètres par seconde :

MÉTAUX	VITESSE OBSERVÉE	VITESSE CALCULÉE	
		isothermique	adiabatique
Acier.	5.127	5.105	5.111
Cuivre	3.676	3.661	3.667
Aluminium. .	5.066	5.053	5.066

Les écarts entre les nombres de la première et de la troisième colonne sont extrêmement faibles, et ne dépassent pas les erreurs possibles des expériences.

La façon dont se comportent les extrémités des barreaux dépend beaucoup de la longueur de ces derniers, c'est-à-dire, en somme, de leur masse ou de l'énergie cinétique qui doit être réfléchie sur la surface de contact. Ainsi, les barreaux courts possédaient un coefficient de restitution sensiblement égal à l'unité, tandis que des tiges de 1 mètre de longueur ne restituaient plus que les deux tiers de l'énergie initiale.

Pour le calcul de la déviation par rapport à la théorie de Barré de Saint-Venant, l'auteur a appliqué les formules de Hertz, et trouvé une très bonne concordance avec ses résultats. Il a pu établir ainsi, comme l'avait déjà reconnu Schneebeli, que la pression au centre de l'aire du contact peut dépasser considérablement celle qui correspond à la limite élastique statique, sans qu'il se produise ni rupture, ni déformation permanente. Dans les expériences de M. Sear, la pression a atteint 170 kilogs par millimètre carré.

Le calcul de la durée du choc pour la déformation locale fait intervenir, non seulement le module d'élasticité du métal, mais aussi son module de torsion. La concordance entre les résultats expérimentaux et ceux que fournissent les formules de Hertz montre donc que les coefficients relatifs à la torsion sont les mêmes à l'état statique et à l'état dynamique, ainsi qu'on l'avait déjà trouvé pour le module proprement dit.

Par l'ensemble des résultats mis au jour, le travail de M. Sear apporte ainsi une importante contribution à la théorie du choc des barreaux et à la connaissance des propriétés élastiques des métaux soumis à une brusque contrainte.

[1] *Annalen der Physik*, n° 9, 1908.

Digitized by Google

Les rayons cathodiques secondaires engendrés par les rayons X. — On sait que les corps frappés par les rayons X émettent, en dehors des rayons X secondaires, des particules électriques négatives, constituant des rayons cathodiques secondaires, dont le pouvoir de pénétration est du même ordre de grandeur que celui des rayons de Lenard.

La quantité de ces rayons, d'après les investigations récentes de M. J. Laub[1], est d'autant plus grande que la densité du corps frappé par les rayons X est plus considérable. Leur intensité dépend et de l'intensité et de la dureté des rayons primaires. Il existe aussi, entre cette intensité et l'angle d'incidence des rayons X primaires, une relation analogue à celle qu'on constate pour les rayons cathodiques et les rayons-canaux. La vitesse des rayons cathodiques secondaires, tout en étant indépendante de l'intensité, croît en même temps que la dureté des rayons X qui leur donnent naissance.

L'hypothèse la plus simple pour interpréter la production des rayons secondaires serait d'admettre que ce sont les électrons libres du métal que l'impulsion des rayons Roentgen primaires sert à accélérer. Or, les résultats des recherches de M. Wien ont fait voir que la vitesse des rayons cathodiques secondaires est trop grande pour être expliquée par l'effet accélérateur du champ électrique dû aux rayons X. L'hypothèse indiquée par cet expérimentateur nous semble bien faite pour expliquer les vitesses si élevées des rayons secondaires. Ce serait, en effet, aux quantités d'énergie renfermées par les rayons X que serait due l'énergie des rayons cathodiques secondaires, la quantité élémentaire étant la quantité d'énergie absorbée ou dégagée par un atome sous la forme de rayonnement, pour chasser un électron de l'atome qui le contient ou pour l'y fixer. Les expériences de M. Laub, faites sur le platine, la suie et l'aluminium, confirmeraient cette dernière hypothèse.

La condensation des émanations de l'Actinium et du Thorium. — Les expériences de Rutherford et de Soddy ont fait voir que l'émanation du radium commence à se condenser à —150° et qu'il n'existe qu'une faible différence entre les températures d'évaporation et de condensation complètes. D'autre part, les recherches des mêmes auteurs ont montré que l'émanation du thorium se comporte d'une façon toute différente; alors que sa condensation commence à —120°, il faut une température bien plus basse, à savoir d'environ —150°, pour provoquer sa condensation complète.

Dans un travail inséré dans un récent numéro du *Philosophical Magazine* (n° 91, 1908), M. S. Kinoshita décrit les expériences qu'il vient de faire, par la méthode électrique des auteurs précédents, sur la condensation des émanations d'actinium et de thorium. Un gaz contenant une quantité donnée d'émanation a été introduit directement dans un serpentin en cuivre, à l'intérieur duquel on avait fait un vide partiel, et dont on mesurait la température, montant lentement à partir de la température de l'air liquide. Après avoir été abandonné dans ce serpentin pendant un temps suffisant pour établir l'égalité de température et pour provoquer la condensation de l'émanation sur les parois du serpentin, le gaz a été introduit rapidement dans un électroscope destiné à l'étude des émanations, comportant un vide partiel et à l'aide duquel on pouvait déterminer l'activité de l'émanation, qui s'échappait à l'état non condensé avec le courant gazeux.

L'auteur constate que l'émanation de l'actinium commence à se condenser à une température d'environ —120°, mais qu'une portion de cette émanation se maintient à l'état non condensé en dessous de cette température. Ce n'est qu'aux environs de —150° que l'émanation se condense intégralement. Ces températures, ainsi que les points intermédiaires, correspondant à la condensation de proportions données d'émanation, varient quelque peu avec la pression; mais les variations diminuent à mesure que s'accroît la pression. Des expériences analogues, faites sur l'émanation du thorium, font voir que la condensation de cette dernière se produit à des températures supérieures de 2 à 3° à celle qui correspond à l'émanation de l'actinium. Dans ce cas encore, l'auteur constate une relation très analogue entre les points de condensation et la pression.

[1] *Annalen der Physik*, n° 9, 1908.

§ 4. — Electricité industrielle

L'amortissement des vibrations électriques dans les circuits comportant des lampes à vapeur de mercure. — Les premières expériences relatives à l'emploi de la lampe à vapeur de mercure au lieu de l'écarteur ordinaire ont été faites par M. Cooper-Hewitt. Or, les données relatives au degré d'amortissement obtenues par cet expérimentateur et par les auteurs plus récents étaient d'un caractère trop général, sinon contradictoire. Aussi M. K. Markau, dans une thèse à l'Université de Berlin, faite sur le conseil du regretté professeur Drude, étudie-t-il, par la méthode de ce savant, le décrément logarithmique des circuits vibratoires comportant, comme éclateur, une lampe à vapeur de mercure.

L'auteur constate que la courbe de résonance, dans ce cas, en raison de phénomènes encore insuffisamment élucidés, peut assumer une forme différant considérablement de la forme théorique. Dans ce cas, la méthode de Drude, incapable de fournir le décrément logarithmique, donne une valeur moyenne de l'amortissement, calculée par les demi-déviations.

L'amortissement moyen des circuits à lampe de mercure ne serait que peu différent de celui des éclateurs à air, auquel il est en général un peu inférieur. Les données contradictoires qu'on trouve dans la littérature récente s'expliquent par l'irrégularité des courbes de résonance, susceptibles, surtout à proximité du point de résonnance, de fournir des amortissements beaucoup trop faibles.

La pression, mesurée dans un manomètre communiquant avec la lampe à vapeur de mercure, est d'une grande influence sur l'intensité de vibration, l'amortissement et la résistance des lampes. En augmentant cette pression, l'on accroît l'amortissement et la résistance de la lampe, tout en diminuant l'intensité de vibration.

L'influence de la température est la suivante : L'intensité de vibration, à mesure que la température augmente, diminue, tandis que l'amortissement et la résistance de la lampe s'accroissent. C'est dire que les accroissements de température exercent un effet analogue à une augmentation de la pression, ce qui est parfaitement plausible, ces accroissements devant augmenter la pression au voisinage des électrodes.

A mesure que la capacité augmente, — la self-induction restant constante, — le décrément logarithmique, dans la lampe à mercure, s'accroît et la résistance diminue.

Pour la lampe à mercure employée par l'auteur, le rapport de la capacité à la self-induction (la période restant constante) s'est trouvé exercer une grande influence sur l'amortissement. Pour les valeurs de C/L supérieures à 0,05, l'amortissement augmente, d'abord à peu près proportionnellement à C/L, et ensuite plus lentement. Pour des valeurs de C/L inférieures à 0,05, le décrément logarithmique est d'autant plus grand que C/L est plus petit. Il existe, par conséquent, pour la lampe à mercure, un amortissement minimum, qui, dans le cas présent, correspondrait environ à $C/L = 0,05$.

La résistance de la lampe, loin de présenter un minimum pareil, diminue à mesure que la capacité s'accroît, d'abord rapidement et ensuite plus lentement, en se rapprochant d'une valeur constante.

Les éclateurs à air ne présentent pas de minimum de l'amortissement pour des valeurs variables de C/L

Digitized by Google

et des périodes constantes. La courbe de résistance ne se distingue de celle de la lampe à mercure que par son allure plus rapide.

Ainsi, les expériences de l'auteur font voir l'existence d'une influence marquée de la self-induction du circuit vibratoire sur la résistance de la lampe à mercure.

§ 5. — Chimie industrielle

L'épuration des caoutchoucs résineux. — La demande toujours croissante de caoutchouc propre aux usages industriels a provoqué l'éclosion de nombreux procédés pour la fabrication de succédanés divers ou l'utilisation de nouvelles matières végétales.

Si la plupart des produits ainsi obtenus sont de très médiocre qualité, il n'en est pas de même de ceux qui résultent de l'épuration des caoutchoucs bruts souillés d'impuretés résineuses. Presque tous ceux-ci contiennent des proportions de résines variant de 2 à 40 °/₀; à la température de la vulcanisation, ces résines fondent, absorbent du soufre et se coagulent en masses distinctes. Aussi les caoutchoucs bruts des meilleures provenances sont-ils inutilisables dès qu'ils contiennent plus de 4 à 6 °/₀ de résine.

On avait tenté jusqu'ici d'épurer les caoutchoucs résineux en mettant à profit la solubilité des résines dans l'acétone, les alcools éthylique et méthylique, qui ne dissolvent pas le caoutchouc. Mais, en pratique, il est très difficile, sinon impossible, d'épuiser ainsi parfaitement les matières à épurer : l'enrobage intime des résines empêche le contact avec le solvant. Quant aux procédés de dissolution totale du mélange et de précipitation ultérieure du caoutchouc, puis de la résine, ils sont industriellement inutilisables; on sait que la dissolution du caoutchouc altère la structure du produit, de telle sorte que la masse ultérieurement précipitée n'a plus les propriétés élastiques qu'elle possédait avant dissolution.

Le problème de l'épuration des caoutchoucs résineux vient d'être très élégamment résolu par MM. Worms et Flament [1], qui ont mis à profit une curieuse propriété des *solvants à limite de précipitation*. Le mélange de caoutchouc et de résine est traité par un solvant du caoutchouc additionné d'un liquide miscible qui dissout les résines, mais précipite le caoutchouc, les proportions étant telles que le caoutchouc soit précipité, mais sans excès de précipitant. Dans ces conditions, la masse du caoutchouc du mélange soumis au lavage n'est pas solubilisée, partant, conserve toutes ses propriétés; mais elle devient *perméable à l'action dissolvante* du liquide sur les résines.

MM. Worms et Flament emploient comme dissolvants, d'une part, les alcools éthylique et méthylique, l'acétone; d'autre part, l'éther de pétrole, le tétrachlorure de carbone, la benzine, l'éther sulfurique, le sulfure de carbone. Des appareils spéciaux permettent d'épuiser le mélange, puis d'évaporer la dissolution de résine, de réfrigérer les vapeurs, en sorte que, malgré la différence des points d'ébullition des deux solvants, le liquide condensé, retombant dans le digesteur, conserve une composition constante. **H. Rousset.**

§ 6. — Géologie

La teneur en radium des sédiments océaniques. — Dans un récent travail, M. J. Joly résumait quelques expériences, dont il paraissait résulter que l'eau de mer possède une richesse en radium jusqu'ici insoupçonnée. Bien que la teneur de chaque centimètre cube ne soit que d'environ $0{,}02 \times 10^{-12}$ gramme, la quantité totale distribuée dans l'océan serait évidemment énorme.

En reprenant ces expériences (*Philosophical Magazine*, n° 91, 1908), l'auteur constate qu'une partie du radium contenu dans une eau de mer renfermant beaucoup de matières organiques, et qui a été abandonnée à elle-même pendant quelques semaines, peut être séparée par filtration.

Après avoir indiqué plusieurs méthodes pour extraire de l'eau de mer, l'émanation qu'elle renferme, l'auteur mesure les activités d'un assez grand nombre de sédiments. Il résulte de ses tableaux que les dépôts trouvés dans les parties les plus centrales du Pacifique sont les plus riches en radium.

La comparaison faite par l'auteur entre les quantités de carbonates de radium et de calcium contenues dans plusieurs de ces sédiments fait voir que la proportion de radium s'accroît avec l'âge de ces derniers. Les dépôts les plus riches en carbonate de calcium sont les plus pauvres en radium. Ce fait remarquable s'explique par l'hypothèse, indiquée par l'auteur, que le radium précipité atteint le fond en décomposant la matière organique; dans les grandes profondeurs, il y aurait, en effet, une moindre quantité de matière calcaire accompagnant le radium précipité. La concentration du radium dépendrait donc de l'apport de matières organiques arrivant d'en haut et, d'autre part, serait d'autant plus grande que la quantité de carbonate de calcium associé serait plus petite. Les sédiments s'accumulant le plus lentement contiendraient, par conséquent, les proportions maxima de matières radio-actives.

Les roches ignées renfermeraient des proportions de radium un peu plus élevées que les roches sédimentaires, et l'écorce sous-océanique présenterait des propriétés analogues à ces dernières. En admettant que la profondeur de la couche radio-active entourant la terre est de 8 kilomètres, et que la vitesse d'accumulation a été toujours identique à celle qui correspond aux parties peu profondes du Pacifique (où elle est de 5 centimètres par siècle), cette vitesse ayant été constante pendant plus de 10 millions d'années, l'auteur constate que les effets radio-thermiques résultants suffiraient pour réduire de 25 ou même de 30 °/₀ l'épaisseur de l'écorce rigide. Aussi incline-t-il à penser que le problème des régions instables du Pacifique serait lié à celui de la genèse des montagnes le long des marges continentales, l'un et l'autre de ces problèmes dépendant des effets thermiques qui accompagnent les transformations radio-actives au sein des accumulations sédimentaires.

§ 7. — Physiologie

La machine humaine. — Bien que le problème de l'origine de la vie soit loin d'avoir trouvé une solution, l'on peut affirmer que les processus organiques, qu'ils soient déterminés ou non par des facteurs purement physiques ou chimiques, sont de nature physico-chimique, et, par là, obéissent aux lois générales de la Nature.

On sait que, dans la conversion de la chaleur en travail utile, par les moteurs inanimés, le rapport de la somme d'énergie fournie à l'énergie disponible pour le travail mécanique, c'est-à-dire le « coefficient économique », est une fraction de l'unité (environ 13 °/₀ dans le cas de la machine à vapeur, par exemple). Les recherches tendant à élucider les phénomènes que présente l'organisme humain considéré comme machine, et à en déterminer le coefficient économique ou le rendement, devaient passionner de bonne heure les physiologistes. Mais, dans la mesure de la quantité de chaleur fournie au corps sous la forme de travail utile, des difficultés considérables se présentent. D'un côté, en dehors de tout travail physique, il se passe, à l'intérieur de l'organisme des processus psychiques des plus variés (sensations, sentiments, volitions et travail mental), inaccessibles aux mesures directes, et qui ne sont pas sans consommer des quantités bien définies d'énergie. D'autre part, le fonctionnement des organes du corps demande évidemment une somme d'énergie assez élevée et sensiblement constante. Troisièmement, le corps humain dispose d'une certaine réserve d'énergie

[1] B. F. 1907 et C. A. 1908.

Digitized by Google

sous la forme de tissus gras ou autres, tissus qui, toutes les fois que les quantités d'énergie fournies par les aliments auront été dépensées, devront suppléer à l'apport d'énergie.

La première de ces difficultés est surmontée en concentrant l'attention de l'individu sur le travail corporel qu'il est appelé à faire et qui éliminera nécessairement toute activité mentale plus étendue. Il est vrai que, à moins d'abolir la conscience, la vie psychique ne sera jamais entièrement suspendue, mais les quantités d'énergie exigées par un minimum d'activité seront évidemment minimes. La somme d'énergie demandée par les processus organiques serait, d'après de récentes expériences, d'environ 20 °/₀ de l'apport total d'énergie. La troisième difficulté, enfin, serait éliminée en partie en maintenant le poids de l'individu aussi constant que possible.

Des recherches très étendues sur cet intéressant problème ont lieu en ce moment, d'une part, en Amérique, à la Wesleyan University de Middletown (Connecticut), sous la direction des Professeurs Atwater et Benedict, et de l'autre, en Angleterre, à l'Université de Sheffield, sous la conduite du Professeur Macdonald.

La personne soumise à l'essai, dans les expériences du savant anglais, est installée dans une cage de 2 à 4 mètres de longueur et de 1 à 4 mètres de largeur. En dehors de la quantité d'aliments fournie, l'on mesure la quantité d'air expiré par l'individu.

Un dispositif semblable à une bicyclette sert à produire le travail physique et à en mesurer le rendement ; il est fixé au plancher, la roue arrière étant disposée entre deux électro-aimants reliés à une dynamo. Comme la roue avant, inactive, est absente, tout le travail fourni par la personne sera converti en électricité, accessible aux mesures exactes.

La partie extérieure de la cage calorimétrique consiste en une boîte de cuivre; aucune tentative n'est faite pour modifier la température de ses parois ni de son contenu, si ce n'est par un courant d'eau passant à travers un système de tubes radiateurs suspendus à son toit. La température de ce courant, à son entrée et à sa sortie, et le poids d'eau qu'il entraîne par unité de temps, forment la base des mesures thermiques. A l'extérieur de cette cage se trouve une boîte de zinc dont la température est modifiée par un système de fils qui l'entourent sans la toucher. Dans ces fils résistants, on lance les courants électriques nécessaires pour maintenir la boîte de zinc, dans toutes les parties de sa surface, à une température identique à celle de la boîte de cuivre intérieure. C'est ainsi qu'on introduit du dehors dans la boîte de zinc une quantité de chaleur correspondant exactement à l'apport de chaleur, dans la boîte de cuivre, fourni par l'homme se trouvant à son intérieur. Aussi n'y a-t-il ni échange thermique entre les deux boîtes, ni perte de chaleur à la surface du calorimètre en cuivre. De nombreux thermomètres électriques, sous la forme de couples cuivre-constantan disposés entre les deux boîtes, permettent de régler l'échauffement des fils et l'intensité des courants électriques qui les traversent. Afin de rendre aussi agréable que possible la captivité peu séduisante à l'intérieur de la cage calorimétrique, on l'éclaire à l'électricité, l'énergie fournie par le sujet étant utilisée pour actionner une lampe à incandescence.

Une ventilation appropriée assure l'apport d'air frais ; l'air expiré est analysé dans l'appareil à absorption mentionné ci-dessus. Le poids des aliments fournis à l'individu étant donné, des tableaux spéciaux permettent de déterminer la valeur calorifique représentée par eux et qui correspond à la chaleur des combustibles d'une machine.

Dans les expériences de Sheffield, il s'agit, en première ligne, de déterminer les quantités d'énergie consommées pendant les activités ordinaires de l'homme et d'établir le régime alimentaire le plus approprié aux travaux physiques ou mentaux. La personne soumise aux essais n'est capable de faire dans sa prison volontaire que deux à trois pas en toutes directions. Le toit métallique est situé immédiatement au-dessus de sa tête et le monde extérieur n'est visible qu'indistinctement à travers un œil-de-bœuf. Les parois isolatrices de la cage éliminent tout bruit du dehors, et la seule communication du sujet avec le monde extérieur est assurée par le téléphone disposé au-dessus de son lit pliant, à l'aide duquel il peut à tout moment transmettre à l'expérimentateur ses impressions et ses désirs. Les assiettes portant les aliments destinés au sujet passent à travers deux chambres vidées d'air.

Le travail utile, mesuré sous la forme d'électricité, s'est trouvé être, dans les expériences d'Atwater et Benedict, d'environ 21 °/₀ de l'énergie fournie; c'est dire que le rendement économique de la machine humaine, en dépit des fonctions mentales jamais entièrement suspendues, et des quantités d'énergie utilisées pour actionner les organes internes, est sensiblement supérieur à celui d'une machine à vapeur ou d'une machine artificielle quelconque.

Un athlète, dans l'opinion de M. Atwater, serait une « machine humaine » d'un rendement énorme. Dans des expériences suivies (faites, par exemple, pendant des courses de fond), l'on a constaté la conversion en travail mécanique de 36 °/₀ de l'énergie renfermée dans les aliments. D'intéressantes expériences, faites sur les participants d'une course à bicyclette de six jours (pendant lesquels les expérimentateurs observaient d'une façon systématique leur allure, pesant et analysant chaque morceau d'aliment), ont donné comme résultat que le vainqueur, pendant les premières vingt-quatre heures, a accompli une somme de travail équivalente au travail nécessaire pour soulever, à la hauteur de 32 mètres, un poids de 1.000.000 de kilogrammes (ou 2 tonnes à la hauteur d'environ un mille anglais). Or, comme un travailleur manuel ordinaire développe pendant ce même intervalle une somme d'énergie correspondant au soulèvement d'un dixième de ce poids, le cycliste fournissait un travail dix fois plus grand que celui d'un travailleur ordinaire, ce qui, paraît-il, constitue le maximum de rendement de la machine humaine. De cette énergie, un quart environ était consommé pour vaincre la résistance de l'air. Accroupi sur sa bicyclette, le cycliste opposait à l'atmosphère résistante une surface d'environ trois pieds carrés. La résistance vaincue pendant les premières vingt-quatre heures était d'environ cinq millions de pieds-livres. Pendant les six jours et six nuits de la course, les cyclistes, tout en ne perdant que 1,8 kilogrammes, parcoururent la distance de 2.007 milles anglais. Ce qui est particulièrement frappant dans ces expériences, c'est que les aliments formant les muscles et le sang, tels que les albuminoïdes, se sont trouvés être bien plus efficaces que les aliments producteurs de chaleur.

La machine humaine, on le voit, possède un rendement supérieur à toutes les machines artificielles jusqu'ici construites. D'autre part, elle l'emporte sur ces dernières par sa durée plus considérable et les moindres dépenses dues aux réparations. Un avantage spécial de cette machine, c'est, suivant de récentes recherches, l'énorme facteur de sûreté dont elle dispose et qui lui permet de faire face à un surmenage physique ou mental très élevé.

Alfred Gradenwitz.

Digitized by Google

L'ŒUVRE D'HENRI BECQUEREL

I. — Introduction.

C'est une lourde et pénible tâche que celle de retracer la vie d'Henri Becquerel, de dévoiler l'être intime de ce grand esprit qui fut aussi un grand cœur, de montrer comment, par une vie tout entière consacrée au labeur quotidien, par un entraînement intellectuel de tous les instants, il est arrivé à accumuler le bagage scientifique considérable qui lui ouvrait à trente-six ans les portes de l'Académie des Sciences, et comment enfin, par le développement normal de sa pensée scientifique, il est arrivé à la découverte qui a immortalisé son nom.

Quel spectacle instructif c'était, pour les privilégiés à qui cela fut donné, de voir Henri Becquerel dans son laboratoire, réglant avec une habileté consommée des appareils souvent construits de bouts de carton et de fil de cuivre, qu'il faisait véritablement vivre sous ses doigts, et dont il tirait les découvertes qui sont dans toutes les mémoires. Les savants étrangers qui venaient en foule voir chacune de ses nouvelles expériences ne pouvaient croire qu'un laboratoire aussi exigu et des crédits aussi restreints aient permis une moisson aussi féconde, de même qu'ils étaient sincèrement étonnés et charmés de son accueil si simplement cordial, alors qu'ils n'attendaient qu'une dignité froide de la part d'un homme arrivé à une si haute situation. On sentait, en le voyant ainsi, qu'il était dans son milieu normal; la recherche expérimentale semblait être chez lui une véritable fonction physiologique, dont l'accomplissement bravait toutes les difficultés. Il faisait de la Physique avec tout ce qui lui tombait sous la main, comme un musicien bien doué tire des sons justes de tous les objets qu'il rencontre.

Henri Becquerel avait été élevé pour la Physique, et par la Physique, dans un milieu de haute culture intellectuelle et morale. Ses souvenirs les plus chers, et dont il entretenait souvent ses amis, avaient trait à son père et à son grand-père, dont l'exemple et les entretiens scientifiques avaient formé son cerveau à leur image. Dans son adolescence, la grande récompense de ses jours de congé était d'aller au laboratoire de son père, et d'y voir des expériences classiques ou nouvelles, de monter celles qui étaient à sa portée, de fabriquer de ses propres mains des éléments d'appareils. L'un de ses souvenirs les plus vivaces, et qu'il aimait à raconter, c'était d'avoir vu son père rentrer un jour du laboratoire au milieu de la journée, pour annoncer à son grand-père l'invention du phosphoroscope, la discutant et en escomptant les résultats, que les jours suivants vérifièrent et au delà.

Henri Becquerel racontait ces choses sans le moindre orgueil, pour attribuer à son éducation même une large part dans ses succès, et, quand il eut la joie de voir son fils entrer avec distinction dans la même carrière, il fut heureux de pouvoir lui transmettre l'héritage intellectuel qu'il tenait de ses ancêtres, en le faisant vivre de sa vie scientifique comme il avait vécu de la leur.

Ce cerveau si admirablement formé pour la science était également ouvert au culte du beau sous toutes ses formes. En peinture surtout, il était connaisseur éclairé, tenant en cela de son ancêtre Girodet, dont il possédait de vrais chefs-d'œuvre, entre autres des dessins admirables qu'il était heureux de montrer à ses amis et dont il sentait vivement toutes les beautés.

Il pratiquait la morale la plus élevée, n'ayant horreur que de la duplicité et du mensonge, et ayant pour toutes les questions d'opinions la tolérance la plus large et la plus éclairée. Cet esprit dont toutes les forces étaient tendues vers la recherche de la vérité scientifique savait ne pas se leurrer de preuves insuffisantes, et, tout en ayant ses convictions personnelles parfaitement nettes, respectait chez les autres toutes celles qui avaient pour base, comme les siennes propres, le culte de la morale.

Cette forte préparation nous explique comment il entra à l'École Polytechnique à dix-neuf ans en 1873, comment il en sortit dans les Ponts-et-Chaussées et comment il publia son premier travail à vingt-deux ans, dans l'année qui suivit sa sortie de l'École Polytechnique. Depuis ce moment jusqu'à sa mort, il n'a jamais cessé de produire des travaux de plus en plus remarquables. Aussi l'École Polytechnique le prit-elle comme répétiteur de Physique quand il était encore élève ingénieur, pour lui donner la place de professeur à la retraite de Potier, et le Muséum le jugea-t-il digne d'occuper la chaire illustrée déjà par son père et son grand-père et, avant eux, par Gay-Lussac. Les honneurs qu'il méritait si bien n'ont cessé de récompenser ses travaux; il fut membre des Académies étrangères les plus renommées: Royal Society de Londres, Académie de Berlin, Académie Royale dei Lincei, National Academy of Sciences de Washington; il reçut les médailles et prix les plus estimés : prix Rumford de Londres en 1900, médaille Helmholtz de Berlin en 1901, prix Nobel en 1903, médaille Barnard des États-Unis en 1905. L'Académie des Sciences l'appelait à la présidence en 1908, en même temps que

Digitized by Google

la Société française de Physique lui décernait le titre si envié de membre honoraire, et, à la mort de de Lapparent, il fut nommé presque à l'unanimité Secrétaire perpétuel. Il n'avait que cinquante-cinq ans et semblait devoir occuper longtemps cette haute fonction dont il était si digne, quand la mort est venue l'arracher cruellement aux siens et à la science, peu de semaines après ce dernier triomphe.

Devant un coup aussi cruel, il est inutile d'exprimer des regrets; le seul hommage digne de l'homme qu'il a frappé, digne aussi du souvenir que garderont de lui sa famille, ses amis et les savants du monde entier, c'est de retracer, autant qu'il est possible, l'histoire de sa pensée scientifique.

II. — Henri Becquerel avant la radio-activité.

La préoccupation essentielle d'Henri Becquerel pendant toute sa vie fut la constitution de la matière et la façon dont cette constitution réagit sur les propriétés magnétiques et optiques des corps. Il aborde tout d'abord le problème par l'étude de la polarisation rotatoire magnétique, et des idées théoriques l'amènent à mettre en évidence des lois d'importance primordiale. D'après ces idées, si on appelle R la rotation du plan de polarisation de la lumière qui traverse un champ magnétique, et si on appelle n l'indice de réfraction, on doit avoir : $\frac{R}{n^2(n^2-1)} =$ constante. En 1875, époque où parut ce Mémoire, les idées sur la polarisation rotatoire magnétique étaient très sommaires; on se rendait compte seulement, d'après la conception de Lord Kelvin, alors sir William Thomson, et de Maxwell, que la constitution moléculaire du milieu devait entrer en jeu pour l'explication des phénomènes et que, par conséquent, on devait y trouver une fonction de la longueur d'onde comme dans le cas de la dispersion.

Henri Becquerel fut le premier à admettre que, dans ces phénomènes moléculaires, il devait y avoir un entraînement partiel de l'éther par la matière, soumis aux lois de Fresnel et Fizeau, idée reprise ensuite par Potier, et il déduisit de cette hypothèse la formule ci-dessus. Il la soumit à la vérification de l'expérience et il vit que cette vérification était satisfaisante pour des corps d'un même groupe, et que, pour tous les corps, les variations de cette fonction sont faibles. Les acides très oxygénés donnent à la fonction ci-dessus la valeur 0,11, les alcools, le chloroforme, des nombres voisins de 0,16; les composés du soufre donnent à peu près 0,22; le brome donne la valeur considérable 0,465 et cela s'étend à ses composés.

Ces expériences, sans vérifier tout à fait en détail la théorie, montraient cependant que celle-ci était dans la bonne voie, et indiquaient le chemin aux investigations théoriques plus modernes, ce que la suite du développement de la science a montré; c'est d'ailleurs ce qu'avait jugé Fizeau quand, sur son Rapport, le travail où sont consignés ces résultats fut publié dans les *Mémoires des Savants étrangers*.

Il fallait naturellement continuer ces recherches en étudiant ce qui a lieu pour la dispersion rotatoire magnétique. Les recherches de Verdet avaient montré que la rotation du plan de polarisation est à peu près inversement proportionnelle au carré de la longueur d'onde, et que le produit de la rotation par le carré de la longueur d'onde est légèrement croissant depuis les radiations les moins réfrangibles jusqu'aux plus réfrangibles; Henri Becquerel montra qu'en divisant le résultat par le facteur $n^2(n^2-1)$, les nombres devenaient à peu près constants, vérifiant ainsi que son hypothèse relative à l'entraînement de l'éther serrait de très près les phénomènes.

Verdet a découvert que, dans certains milieux magnétiques, la rotation du plan de polarisation est inverse de ce qu'elle est pour les corps diamagnétiques et que, par conséquent, il y a une différence essentielle entre la propriété magnétique et la propriété diamagnétique. C'est cette manière de voir qui a été reprise en ces derniers temps par Curie. On sait que, pour Edmond Becquerel, il n'en était pas ainsi, et que les corps diamagnétiques étaient des corps moins magnétiques que le vide, les corps magnétiques étant plus magnétiques que lui. Henri Becquerel entreprit de démontrer que les vues de son père étaient conformes aux phénomènes. Il vérifia les observations de Verdet, mais il montra, de plus, que les solutions magnétiques se comportent tout autrement que les diamagnétiques. Dans ce dernier cas, les rotations sont, en effet, proportionnelles à la concentration, à cause de la faible action des molécules diamagnétiques. Au contraire, quand on a des corps magnétiques, l'action est assez puissante pour que la réaction des molécules les unes sur les autres soit notable; aussi voit-on que, dans le perchlorure de fer par exemple, la rotation croît beaucoup plus vite que la concentration quand celle-ci est assez grande. Henri Becquerel rapproche cette observation de ce fait classique que, quand on fait des mélanges de limaille de fer et de poudre inerte, la force directrice dans un champ magnétique croît plus vite que la teneur en limaille.

Etant en possession de ces résultats, Henri Becquerel se demanda si les gaz ne devaient pas avoir un pouvoir rotatoire magnétique mesurable. Toutes les tentatives, jusqu'à lui, avaient été vaines, et il manquait, pour pouvoir construire l'appareil sûre-

Digitized by Google

ment suffisant, d'avoir une idée *a priori* de la grandeur de l'effet à mesurer. La loi précédente $\frac{R}{n^2(n^2-1)} = 0,2$ environ, si on la généralisait aux gaz, dont on connaît les indices n, devait combler cette lacune. Le calcul montre, dans ce cas, que la rotation doit être extrêmement variable d'une extrémité du spectre à l'autre et de l'ordre de grandeur du 0,0001 de la rotation due au sulfure de carbone. Dans ces conditions, avec un appareil de 30 mètres de longueur et un champ magnétique comme ceux qu'on produisait alors avec des bobines actionnées par des Bunsen, on devait avoir des rotations comprises entre 5 et 10 minutes. Heureusement que, ainsi que Faraday l'a montré, on peut additionner les rotations du plan de polarisation en faisant traverser plusieurs fois le même champ magnétique par le même rayon lumineux au moyen de réflexions successives. C'est cette méthode qui fut employée, et qui permit, par les réflexions successives avec un appareil de 3 mètres de longueur environ, de faire la mesure du pouvoir rotatoire des gaz, et de leur dispersion rotatoire relativement considérable.

L'oxygène a présenté une anomalie considérable ; pour la dispersion rotatoire, celle-ci est extrêmement petite, et peut-être même anomale, le vert présentant une rotation inférieure au rouge. Ceci est à rapprocher du magnétisme bien connu de l'oxygène.

L'étude du sulfure de carbone a vérifié avec une grande délicatesse la loi $\frac{R}{n^2(n^2-1)} =$ constante, car le sulfure de carbone liquide donne $\frac{R}{n^2(n^2-1)} = 0,231$, et à l'état gazeux il donne $\frac{R}{n^2(n^2-1)} = 0,234$.

Un esprit aussi pénétrant ne pouvait passer à côté de phénomènes aussi importants sans rechercher quelles influences ils avaient sur le monde où nous vivons. Aussi chercha-t-il à voir l'action du champ magnétique terrestre sur le plan de polarisation de la lumière. Il y arriva tout d'abord avec le sulfure de carbone, en opérant par retournement de son appareil dans le méridien magnétique. Il put observer ainsi des déviations du plan de polarisation de 1/2 degré environ ; mais une nouvelle question se posait : c'était de savoir si le magnétisme terrestre ne suffit pas pour dévier le plan de la polarisation atmosphérique qui, d'après la théorie élémentaire, doit passer par le centre du Soleil. Une étude très délicate, des pointés de haute précision, montrèrent à Becquerel que le plan de polarisation subit une oscillation diurne autour du plan théorique, et que cela est dû, pour la plus grande partie, à la lumière diffuse ; mais il subsiste une petite variation qui est due au magnétisme terrestre, 150 kilomètres d'atmosphère donnant une rotation d'environ 20 minutes pour le plan de polarisation.

Cette série considérable de travaux n'aurait pas été complète si le côté pratique de la question avait été négligé. Ainsi voyons-nous, en 1881, au Congrès des Electriciens, Henri Becquerel proposer de mesurer en valeur absolue les courants électriques par la rotation du plan de polarisation que donne une bobine à un corps type, le sulfure de carbone. Il montre comment cette détermination est à l'abri de la perturbation aux extrémités, car la rotation du plan de polarisation est de la forme $R = K.4\pi NI$. Par des expériences diverses, faites au moyen du dépôt d'argent, la constante K fut trouvée égale à 0',04841, à 0°. On a donc ainsi le moyen de construire un étalon secondaire de l'ampère, très précis, quoique d'un usage délicat.

Enfin, revenant sur les idées théoriques qui avaient motivé toutes ces expériences, Henri Becquerel réunit, en un corps de doctrine, ses idées sur la polarisation rotatoire magnétique, et montra qu'on pourrait arriver à produire, mécaniquement, des résultats analogues, si l'on pouvait faire tourner un corps transparent à une vitesse se chiffrant par millions de tours à la seconde.

Dans toute cette série de recherches menées de vingt-deux à trente-cinq ans, nous voyons se développer toutes les qualités du chercheur : idée théorique directrice, habileté expérimentale consommée, exploration de toutes les conséquences intéressantes des résultats, tant en ce qui concerne les conditions cosmiques de notre existence que les applications pratiques, et enfin coordination théorique finale. Ce seul ensemble mettait Henri Becquerel, à trente-cinq ans, au rang des maîtres, et justifiait la glorieuse carrière qui s'ouvrit alors devant lui.

Mais, en même temps que ces profondes recherches, il en amorçait d'autres, tendant toutes vers l'étude de la constitution de la matière ; elles avaient trait à l'absorption de la lumière et à la phosphorescence : ce sont elles qui l'ont amené à la découverte de ses rayons nouveaux.

Nous ne suivrons pas ici l'ordre chronologique, et nous indiquerons maintenant les travaux d'Henri Becquerel sur l'absorption cristalline. En examinant le spectre d'absorption de divers cristaux, il s'aperçut que les bandes disparaissent pour certaines orientations de la vibration lumineuse traversant le cristal ; en poussant plus loin l'étude de ce phénomène, il vit que, pour tous les cristaux biréfringents qui donnent des bandes

Digitized by Google

d'absorption, des phénomènes analogues se passent; et il montra que l'absorption présente, dans le cas général, une symétrie autour de trois axes principaux, la loi étant d'ailleurs d'autant plus compliquée que la structure cristalline est elle-même plus compliquée, mais avec une même loi régissant tous les phénomènes :

Les bandes observées au travers d'un même cristal ont des positions fixes dans le spectre; leur intensité seule varie.

Dans les cristaux uniaxes, les phénomènes sont de révolution.

Les spectres d'absorption observés dans des directions quelconques sont formés par la superposition de deux séries de bandes correspondant l'une à des vibrations normales à l'axe, l'autre à des vibrations parallèles.

Pour tout rayon ordinaire, c'est-à-dire pour toute direction normale à l'axe, le spectre d'absorption est le même, à égalité d'épaisseur.

Pour tout rayon extraordinaire dont la vibration est, par conséquent, orientée dans le plan de l'axe et du rayon, le spectre d'absorption est le même que si les deux composantes normale et parallèle à l'axe étaient absorbées individuellement et se composaient de nouveau à la sortie.

Dans les cristaux biaxes, une loi est commune aux orthorhombiques et aux clinorhombiques : chaque bande présente trois axes de symétrie rectangulaires. Quand la vibration de Fresnel coïncide avec l'une d'elles, la bande présente son maximum d'intensité; suivant une autre, elle a une intensité moyenne, et suivant la troisième, elle est en général invisible.

Dans les orthorhombiques, les directions d'absorption coïncident avec les directions de symétrie du cristal.

Dans les clinorhombiques, les phénomènes sont plus complexes et plus intéressants : L'axe de symétrie est toujours une direction principale d'absorption commune à toutes les bandes, mais les deux autres directions principales rectangulaires des diverses bandes peuvent être diversement orientées dans le plan de symétrie g_1. Dans certains cristaux, les directions s'écartent peu des axes principaux d'élasticité optique; dans d'autres, elles font avec ceux-ci des angles très grands, atteignant jusqu'à 45°. Henri Becquerel donna à ces directions le nom de *directions principales d'absorption anomale* et en tira des conséquences de premier ordre.

C'est dans les cristaux contenant des terres rares que le phénomène se produit, et il est probable que ce phénomène est dû à la complexité des corps qui forment les cristaux. De Sénarmont avait déjà montré que, si l'on fait cristalliser des mélanges en proportions variables de substances géométriquement isomorphes, mais dont l'axe optique est différemment orienté par rapport aux directions géométriquement semblables, on peut obtenir un cristal ayant des propriétés optiques quelconques, la vibration résultante à la sortie étant due à la composition de toutes les vibrations partielles ayant traversé les divers cristaux, et la symétrie du système total dépendant de la fraction de chacun des composants; on comprend que, dans le cas où de pareils cristaux présentent de l'absorption, les phénomènes soient tout à fait changés en ce qui concerne celle-ci. En effet, chaque cristal absorbe sélectivement certaines radiations pour son propre compte, et indépendamment des parties voisines. Donc il n'y a aucun rapport entre les axes d'absorption correspondant à ces bandes particulières et la direction de symétrie moyenne du cristal.

Si donc certains cristaux présentent des directions principales d'absorption anomale, c'est que ce sont des mélanges de cristaux de nature différente.

C'est principalement dans des cristaux contenant du didyme que ces constatations furent faites, montrant la nécessité d'admettre son dédoublement en néodyme et praséodyme. C'est en se fiant à ces résultats que Demarçay a pu séparer des éléments distincts dans le praséodyme lui-même, dont l'analyse par absorption d'Henri Becquerel avait montré la nécessité.

De même, dans le néodyme, il y a des bandes qui caractérisent des corps distincts par leurs propriétés, dans les cristaux complexes qui contiennent ces corps.

Cette méthode d'analyse peut d'ailleurs renseigner sur l'existence de corps qui existent dans le cristal, mais qui sont détruits par la dissolution. Si, en effet, après avoir relevé exactement toutes les bandes d'un cristal de sulfate ou d'azotate de didyme, on dissout ce cristal, le spectre d'absorption de la dissolution est notablement différent. Certaines bandes ont disparu, d'autres manifestent des déplacements individuels, alors que d'autres encore restent fixes. Les bandes modifiées par dissolution sont celles-là mêmes qui se distinguaient dans le cristal par leurs directions principales d'absorption anomale, et toutes les variations s'expliquent si l'on admet qu'il existe dans les cristaux un mélange de composés inégalement altérables, ou complètement détruits et transformés par l'eau.

On sait combien est difficile la séparation des éléments des terres rares, qui semblent exister en nombre très grand et ne se distinguent l'une de l'autre que par des variations extrêmement petites de leurs propriétés physiques et chimiques; de plus, il est à peu près impossible de les purifier dans bien des cas. Il est extrêmement précieux de pouvoir

Digitized by Google

saisir par un procédé optique, au sein même d'un mélange, un corps cristallin, qui donne lieu à des directions principales d'absorption anomale, et qui, aussitôt le cristal dissous, disparaîtra pour donner lieu à un autre composé. C'est une véritable méthode d'analyse spectrale, qui n'a certainement pas dit son dernier mot, et qui pourra être employée avec fruit pour diriger les recherches relatives aux terres rares.

Mais ici commencerait le domaine de la Chimie pure. Après avoir montré sur divers cristaux la fécondité de ses méthodes, Henri Becquerel clôture ses recherches en cette matière par la réunion, au moyen d'une théorie, des faits observés. On doit, en effet, pouvoir expliquer ces faits en admettant que, après avoir traversé l'unité d'épaisseur du cristal, l'intensité est de la forme $i = (a\cos^2\alpha + b\cos^2\beta + c\cos^2\gamma)^2$ pour une radiation de longueur d'onde déterminée, faisant avec les axes principaux d'absorption des angles α, β et γ, et les intensités observées suivant les trois axes étant a, b et c. Mais il est des cas où deux bandes d'absorption ayant des directions principales d'absorption différentes viennent se superposer dans la même région du spectre; les mesures photométriques doivent alors être représentées par le produit de deux expressions de la même forme. Dans ce cas, on peut avoir, pour les courbes qui donnent l'intensité en fonction des angles α, β, γ, des formes dissymétriques. C'est ce qui a lieu en particulier pour l'épidote, et Henri Becquerel a pu expliquer aussi les apparences paradoxales qu'avait observées Ramsay en prenant des mesures photométriques pour diverses orientations de la vibration dans le plan g_1 de l'épidote.

Nous voyons, dans cette série de recherches, les mêmes qualités d'esprit se faire jour que dans celle qui l'a précédée : des expériences extrêmement délicates, dirigées par des idées théoriques qui se vérifient jusqu'à former un corps de doctrine sous forme d'une théorie rendant compte numériquement des faits observés.

Pour l'esprit inventif d'Henri Becquerel, la question, amenée à ce point, n'avait plus d'intérêt : il laisse à d'autres, à ce moment, le travail patient qui consiste à appliquer ces méthodes pour caractériser des corps, et il se lance sur une autre piste, qu'il avait déjà commencé à explorer, d'ailleurs, avant même celle dont nous venons de parler. Cette piste était pour lui un bien de famille, car Edmond Becquerel y avait fait des découvertes de premier ordre : c'est celle de la phosphorescence. Henri Becquerel se trouvait là dans un terrain assez nouveau pour convenir à son genre d'esprit, terrain où ses hardies conceptions devaient porter tous leurs fruits. Nous allons trouver dans ces travaux encore la trace de la double préoccupation, à la fois théorique et pratique, de son esprit. Il montre la première en établissant une nouvelle méthode spectroscopique pour caractériser les flammes, et la seconde en mettant en évidence deux lois différentes : la loi qui relie les diverses radiations qui excitent la phosphorescence et celles qui sont émises par la substance excitée, et la loi qui préside à la diminution avec le temps de l'énergie émise par phosphorescence. Ce sont là, au premier chef, des travaux qui se rapportent à l'étude de la constitution de la matière, car la phosphorescence est intimement liée, cela est certain, à la résonance moléculaire. C'est le résultat d'une absorption, phénomène déjà sélectif; mais le phénomène d'émission est tel que la liaison calorifique pure entre la radiation et le corps absorbant ne suffit plus à expliquer cette émission, qui est elle-même sélective. Ces phénomènes doivent être rapprochés de l'émission sélective des vapeurs incandescentes, et il était naturel de chercher, pour la lumière émise par les corps phosphorescents, des lois analogues à celles qui régissent l'émission lumineuse des gaz et des vapeurs. Certes, les molécules sont moins libres dans les corps solides phosphorescents que dans le gaz, et les lumières émises sont beaucoup moins simples; mais Henri Becquerel a cependant pu mettre en évidence des relations nettes.

Edmond Becquerel avait montré depuis longtemps que les radiations infra-rouges, quand elles viennent frapper une substance phosphorescente excitée, détruisent la phosphorescence, comme le ferait une élévation de température. Cette extinction est précédée d'une excitation temporaire de la phosphorescence, de sorte que la substance rend avec plus d'intensité, et en un temps plus court, l'énergie emmagasinée. Généralement les deux phases des phénomènes se succèdent très rapidement, et l'extinction finale est seule appréciable. Edmond Becquerel avait commencé à étudier ainsi la région infra-rouge du spectre; Henri Becquerel reprit cette étude dans l'esprit que nous avons indiqué.

Tout d'abord il s'en tint à l'étude du spectre au moyen de ce nouveau mode d'investigation, et il eut ainsi la bonne fortune de faire d'importantes découvertes. Il étudia le spectre solaire avec diverses substances phosphorescentes et put caractériser des bandes infra-rouges inconnues ou peu connues, entre les longueurs d'onde $0\mu,760$ et $1\mu,9$. A la même époque, Abney, par la photographie directe, n'arrivait que jusqu'à $0\mu,98$. Parmi les bandes d'Henri Becquerel, la méthode du bolomètre de Langley, qui s'étend sur une région beaucoup plus grande, a permis de reconnaître les plus importantes et les

Digitized by Google

plus larges. Mais dans la région, relativement assez étroite il est vrai, où la méthode par phosphorescence est applicable, celle-ci décèle dans le spectre des lignes bien plus fines que le bolomètre.

Cette méthode permettait la recherche de nouveaux spectres d'absorption et d'émission; Henri Becquerel le fit, et il montra que les bandes d'absorption de l'eau liquide coïncident à peu près avec celles de la vapeur d'eau atmosphérique, et que les composés du didyme et du samarium, en particulier, donnent des bandes d'absorption caractéristiques. Les bandes de celui-ci ont les longueurs d'onde 0μ,1079, 0μ,1097, 0μ,1239 et 0μ,1267; elles peuvent servir de repères dans l'infra-rouge.

Enfin les vapeurs incandescentes montrèrent par ce procédé des raies caractéristiques infra-rouges. Citons le potassium, le sodium, le strontium, le calcium, le magnésium, l'aluminium, le zinc, le cadmium, le plomb, le thallium, le bismuth, l'argent, l'étain.

La méthode de détermination des longueurs d'onde est elle-même remarquable; l'instrument employé fut un réseau, et le spectre du premier ordre des radiations infra-rouges se superposait aux spectres visibles du second ou du 3e ordre. Les radiations visibles ont des longueurs d'onde connues; il était donc facile d'avoir, en multipliant par 2 ou par 3, la longueur d'onde exacte de la radiation infra-rouge.

La méthode de la phosphorescence n'a pas permis à Henri Becquerel d'aller aussi loin dans l'infra-rouge que la méthode bolométrique, mais elle lui a permis de donner une description détaillée, que les procédés bolométriques ne peuvent égaler en finesse, d'une région du spectre étendue sur une octave et demie, plus grande que celle du spectre visible, et dont le domaine lui appartient en propre. Les procédés thermométriques qui sont venus plus tard n'ont pas, en effet, permis une étude aussi complète.

Suivons maintenant Henri Becquerel dans ses investigations théoriques relatives à la phosphorescence elle-même.

Si certaines substances phosphorescentes subissent l'extinction à peu près uniformément dans l'étendue infra-rouge dont nous venons de parler, il en est qui subissent des actions sélectives : l'extinction est inégalement rapide dans les diverses régions de l'infra-rouge; cette extinction se produit sous l'influence de radiations déterminées, souvent à l'exclusion des voisines, et l'image du prolongement du spectre se compose alors d'une ou plusieurs bandes où l'extinction a été très active, séparées par des régions où l'action a été soit nulle, soit beaucoup plus petite. Sous l'action de l'infra-rouge, la couleur de la lumière émise par phosphorescence varie avec le temps, comme cela arrive d'ailleurs souvent dans le phosphoroscope; de plus, dans les diverses bandes actives du spectre infra-rouge, la couleur émise par phosphorescence peut ne pas être la même pour une même substance.

Il est fécond de rapprocher ces faits de cet autre que les radiations violettes et ultra-violettes qui produisent la phosphorescence sont également sélectives. L'ensemble des bandes d'excitation, des bandes d'émission, des bandes d'extinction doit être relié par des formules analogues à celles qui relient les diverses radiations émises par les vapeurs incandescentes, car ces phénomènes sont intimement liés à la période propre des molécules.

Les phénomènes les plus remarquables sont ceux qui ont été observés dans les composés de l'uranium, et nous allons les indiquer ici, car c'est en étudiant à fond ce métal qu'Henri Becquerel découvrit la radio-activité.

L'uranium donne deux espèces de composés, les sels uraniques et les sels uraneux. Edmond Becquerel avait depuis longtemps montré la phosphorescence des premiers. Les seconds ne sont pas phosphorescents. Henri Becquerel s'aperçut rapidement que les sels uraneux, qui ne sont pas phosphorescents, présentent des bandes d'absorption caractéristiques dans le spectre visible et dans l'infra-rouge. Il eut alors l'idée d'étudier plus à fond les composés uraniques, et il observa le fait suivant : La plupart des composés uraniques sont phosphorescents, et la lumière qu'ils émettent par phosphorescence donne en général un spectre discontinu, formé de sept ou huit bandes ou groupes de bandes régulièrement distribués entre les raies C et F du spectre solaire; les raies varient, d'ailleurs, avec la nature des composés.

A côté du spectre de phosphorescence, ces composés ont un spectre d'absorption sélective, qui continue la série formée par les bandes d'émission. Ces bandes d'absorption correspondent, d'ailleurs, à un ensemble de radiations qui excitent la phosphorescence, et, si l'on excite le corps phosphorescent par une quelconque de ces bandes absorbées, le corps émet toutes les radiations de son spectre d'émission. La loi indiquée par Henri Becquerel est la suivante : la différence de fréquence d'oscillation quand on passe d'une bande à la suivante est constante, les bandes d'absorption continuant la série des bandes d'émission. Les bandes d'émission semblent être des sous-harmoniques des bandes excitatrices; on constate souvent la coïncidence d'une ou deux des bandes d'absorption les moins réfrangibles avec les plus réfrangibles des bandes d'émission par phosphorescence; il est donc probable que la cause même de l'absorption est

Digitized by Google

une synchronisation de la molécule pour les périodes qu'elle est susceptible d'émettre, mais il est extrêmement curieux que ces synchronisations donnent lieu à des sous-harmoniques de la fonction excitatrice : c'est ce qui distingue essentiellement ces phénomènes de ceux que présente l'absorption par les vapeurs incandescentes. Les théories ordinaires de la résonance ne peuvent expliquer ces phénomènes, mais les lois simples ci-dessus permettent d'espérer un jour une explication mécanique.

Un fait remarquable est que les composés uraneux, qui ne sont pas phosphorescents et semblent dégrader en chaleur les radiations qu'ils absorbent sélectivement, admettent pour leurs bandes d'absorption, avec une régularité remarquable, la loi de répartition des bandes d'émission par phosphorescence des composés uraniques ; les bandes n'ont pas toutefois les mêmes intensités relatives.

Nous venons de voir la difficulté que présente pour la théorie le fait que les radiations émises par phosphorescence sont des sous-harmoniques des excitatrices, dans le cas le plus simple ; il était donc naturel, pour s'éclairer dans ce domaine, de chercher une mesure coordonnable par un calcul ; c'est ce que fit Henri Becquerel, en étudiant la fonction suivant laquelle décroît l'énergie rayonnée par une substance phosphorescente. Edmond Becquerel avait déjà esquissé la question et avait trouvé que, pour les temps mesurés au phosphoroscope, c'est-à-dire très courts, on pouvait représenter l'intensité au bout du temps t par la formule $i = i_0 e^{-\alpha}$, α étant une constante. Pour les durées plus longues, cette formule se montra insuffisante, ainsi que celle que Wiedemann en avait tirée avec quelques corrections sans portée théorique.

La formule $i = i_0 e^{-\alpha t}$ se déduit théoriquement de l'hypothèse que l'amortissement moléculaire est proportionnel à la vitesse de ce que nous appellerions maintenant les électrons. Henri Becquerel pensa qu'on pourrait arriver à mieux en l'admettant proportionnel au carré de la vitesse. Dans ces conditions, on arrive à l'équation :

$$i = i_0 \left(\frac{1}{a + bt}\right)^2.$$

Les mesures photométriques ne vérifièrent pas encore cette formule simple. Mais, en se rappelant que la couleur de phosphorescence change avec le temps, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, Henri Becquerel pensa qu'on devait avoir plusieurs sources distinctes d'émission, et que l'intensité totale devait être soumise à la formule :

$$i = i_0 \left[\left(\frac{1}{a + bt}\right)^2 + \left(\frac{1}{c + dt}\right)^2\right],$$

en admettant seulement deux bandes d'émission. Il vérifia cette hypothèse dans plusieurs cas, et il fut bien prouvé alors que les phénomènes de phosphorescence devaient suivre des lois accessibles probablement aux explications mécaniques, mais beaucoup plus compliquées que celles auxquelles les résonances acoustiques et autres nous ont habitués jusqu'ici.

Dès ce moment-là, pour Becquerel, la phosphorescence était une source présentant des propriétés encore mystérieuses et dont le secret devait contenir une mine de découvertes nouvelles.

III. — La Radio-activité.

Ces idées furent réveillées au moment de la découverte de Röntgen, et Henri Becquerel essaya immédiatement, comme beaucoup d'autres, si les corps phosphorescents n'émettent pas de radiations photographiques ou phosphorogéniques traversant les corps opaques. Mais c'est là que nous pouvons le mieux apprécier la souplesse de son esprit ; il sut, au milieu d'un dédale de faits en apparence contradictoires, se laisser diriger uniquement par son flair expérimental, abandonner le fil directeur qui le menait dans une mauvaise voie, et en prendre un autre qui lui permit de saisir, par des manifestations vraiment infiniment petites, le phénomène fondamental de la radio-activité, découverte immortelle qui a déjà révolutionné la Physique moderne, et qui promet de mener la Physique de l'avenir dans des voies encore plus inattendues.

C'est au point actuel que la tâche du biographe d'Henri Becquerel devient le plus ardue, car ce ne serait rien d'énumérer ses découvertes retentissantes sans faire comprendre les conditions extraordinaires où elles se sont produites. Les physiciens qui me liront se souviendront de cette fièvre de 1896, qui suivit la découverte de Röntgen, où les premières expériences d'Henri Becquerel vinrent exciter le doute des physiciens de la vieille école et la curiosité des jeunes, et où Becquerel, surexcité par la vérité qui se manifestait à lui chaque jour et par les publications sans nombre que ses travaux suscitaient, autant pour le culte pur de la science que pour ne pas se laisser enlever par d'autres les découvertes qu'il sentait si proches, accumula en trois ans une somme de travail qui nous confond. Et ce sera encore un hommage rendu à l'homme que de rappeler la collaboration dévouée qu'il trouva, à ce moment, en son préparateur, M. Matout, à qui il avait su inspirer une admiration scientifique et un attachement personnel sans bornes.

Les substances phosphorescentes ordinaires ne donnent aucun rayonnement susceptible de traverser le papier noir ; il en est autrement des com-

Digitized by Google

posés de l'uranium, dont les propriétés si remarquables avaient déjà frappé Henri Becquerel. Il essaie d'abord d'impressionner sous papier noir une plaque photographique pendant que la lumière solaire excite un sel d'uranium placé au-dessus, et l'expérience réussit. Mais un jour, tout ayant été préparé, le soleil disparut au bout de peu d'instants, et l'appareil fut abandonné à l'obscurité. Le soleil n'ayant pas reparu pendant plusieurs jours, la plaque fut développée cependant, et l'impression trouvée aussi vive que quand le soleil avait frappé le sel. Immédiatement l'expérience fut reprise avec du sel non insolé, et répétée exactement comme avec le sel insolé. Les corps ainsi utilisés, qui étaient préparés depuis longtemps, et maintenus depuis à la lumière diffuse, furent maintenus à l'obscurité, et dans une boîte en plomb; ils continuèrent toujours à donner des impressions identiques.

En même temps, la décharge des corps électrisés fut essayée, instituant le seul procédé encore connu qui permette de mesurer quantitativement les phénomènes. Il fallait voir alors si l'état qui permet au corps la phosphorescence était nécessaire pour l'émission des rayons nouveaux. Du nitrate d'uranyle en dissolution, ou fondu dans son eau de cristallisation, donne les mêmes effets qu'à l'état solide, et cependant, dans aucun des deux premiers états, il n'est susceptible de phosphorescence. Une recherche menée pour savoir si les corps voisins des corps actifs sont activés par un phénomène analogue à la phosphorescence resta sans succès; il fallut la puissance du radium pour montrer, quelques années après, ces phénomènes à M. et Mme Curie, et permettre de voir les différences profondes qu'ils présentent avec la phosphorescence lumineuse.

Des phénomènes irréguliers, non encore expliqués, induisirent un instant Henri Becquerel en erreur, lui faisant croire que ses rayons étaient des radiations ordinaires; mais il ne resta pas longtemps dans cette mauvaise voie et vit que la propagation se fait aussi bien à travers des corps pulvérisés qu'à travers les mêmes corps formant un solide continu.

Tous les composés de l'uranium, quel que fût leur état physique et chimique, donnant les phénomènes, il était naturel de les attribuer à l'uranium lui-même; des échantillons de ce corps pur furent expérimentés et donnèrent des résultats plus puissants que ses sels. Cette source plus puissante de rayons permit de voir que les corps voisins d'un morceau d'uranium deviennent eux-mêmes la source de rayons secondaires pendant tout le temps qu'ils sont frappés par les rayons uraniques. Le phénomène est analogue à la fluorescence; il cesse dès que le corps est éloigné de l'uranium.

Les expériences de décharge furent poussées plus loin, montrant que l'air rendu conducteur le reste quelques instants, et qu'il joue le rôle essentiel dans le phénomène. Si on insuffle de l'air activé sur un électroscope, celui-ci se décharge; si on insuffle de l'air normal entre un morceau d'uranium et la boule de l'électroscope chargé, celui-ci se décharge moins vite. L'émission est indépendante de la température de l'uranium même; la température du gaz, au contraire, modifie la décharge.

Il fallait chercher, pour régulariser la méthode de mesure, la fonction suivant laquelle se fait la décharge du corps électrisé quand le potentiel varie. Henri Becquerel établit l'existence d'une vitesse de décharge limite pour les potentiels supérieurs à 300 volts : c'est ce que M. Rutherford appela plus tard le *courant de saturation*.

Enfin, en étudiant les modifications de la vitesse de décharge quand on interpose des lames successives de diverses substances, il démontra la complexité de la radiation émise par l'uranium.

A partir de ce moment, tous les bons esprits se déclarèrent convaincus et les rayons uraniques entrèrent définitivement dans la science classique sous le nom de rayons de Becquerel.

Tous ces résultats furent vérifiés par M. Rutherford, qui les étendit en caractérisant par l'absorption seule deux espèces de rayons, les uns très actifs et très absorbés par l'air, qu'il appela les rayons α, les autres beaucoup moins absorbés et moins actifs, qu'il appela rayons β. Il étendit à la décharge par les gaz irradiés la conception de l'ionisation, que M. J. J. Thomson développait en ce moment, et montra l'identité des phénomènes produits dans l'air par les rayons de l'uranium et par les rayons de Röntgen.

En même temps qu'en Angleterre on s'occupait de vérifier les résultats de Becquerel, M. et Mme Curie en France, M. Schmidt en Allemagne cherchaient à trouver l'activité dans d'autres corps. Le phénomène fut étendu en premier lieu au thorium, simultanément par Mme Curie et M. Schmidt. Mme Curie reconnut que tous les corps actifs contiennent soit du thorium, soit de l'uranium, et elle constate, par la méthode du quartz piézo-électrique de Curie, que chaque composé de l'uranium, quelle que fût son histoire, possède la même puissance de décharge, la même *radio-activité*, suivant le nom que Curie adopta. Tous deux cherchèrent alors à isoler les corps nouveaux doués de cette propriété de la radio-activité, et ils arrivèrent, par un immense travail que je ne puis analyser ici, en se servant des rayons de Becquerel comme de réactif, de la méthode de Curie comme moyen de mesure, à la découverte du polonium, puis du radium. L'article

Digitized by Google

récent de M. Debierne a d'ailleurs rappelé aux lecteurs de la *Revue* ces glorieuses recherches. Rappelons, pour la suite de cette notice, que l'unité de radio-activité choisie a été celle de l'uranium pur. Le chlorure de radium pur a une activité de 1.800.000.

A partir de ce moment, Henri Becquerel eut à sa disposition, pour continuer ses recherches, des produits extrêmement actifs, que Curie et Mme Curie mirent à sa disposition. Il répéta avec du polonium et du radium des expériences anciennes et il montra, par ses expériences d'absorption, que le polonium émet un rayonnement certainement différent de celui du radium.

Ces substances très actives produisant la phosphorescence permirent des recherches beaucoup plus rapides. Utilisant l'admirable collection de produits phosphorescents qu'il avait, venant de son père, Henri Becquerel ne tarda pas à établir quelques propriétés des radiations des produits nouveaux, montrant que chacun d'eux émet un faisceau complexe et excite d'une manière spéciale les diverses substances phosphorescentes. Des expériences d'absorption, en particulier, montrèrent que les rayons très pénétrants excitent le sulfate double d'uranyle et de potassium, que les rayons les plus pénétrants seuls excitent le diamant. Enfin, il vit que l'irradiation par le radium rend aux corps qui l'ont perdue la propriété de devenir phosphorescents par la chaleur. Cette propriété est rendue également, aux corps qui l'ont perdue, par la décharge électrique. Henri Becquerel rapproche encore de ce fait celui que les rayons du radium donnent à la fluorine une persistance de phosphorescence beaucoup plus grande que l'excitation par la lumière, et il les rapproche du fait que la même propriété est communiquée à la même substance par les rayons cathodiques, phénomène vu par Sir W. Crookes et par Edmond Becquerel. Il rapproche également des phénomènes chimiques produits par les rayons cathodiques ceux que Curie et Mme Curie ont observés par l'action du radium sur le verre. Tout cela est dans une Note de décembre 1899, et montre que Henri Becquerel commençait à pressentir l'analogie entre ses rayons et les rayons cathodiques.

De là à soumettre ces radiations au champ magnétique, il n'y avait qu'un pas, qu'il accomplit le 11 décembre 1899. M. Giesel, MM. Stefan Meyer et Egon von Schweidler avaient obtenu quelques résultats dans cette voie, mais qui n'étaient pas encore arrivés à la connaissance d'Henri Becquerel. Il recueillit toutefois sur ce terrain une ample moisson, car ses observations ont été bien plus profondes et bien plus fécondes que celles de ses prédécesseurs. Il observe d'abord la concentration dans le sens du champ et ce fait capital que le rayonnement, dévié par le champ magnétique comme des rayons cathodiques, subit une dispersion, indiquant ainsi que l'émission se compose d'électrons animés de vitesses différentes. Au même moment, opérant par la méthode électrométrique, Curie et Mme Curie montrèrent que, dans le rayonnement du radium, il y avait, à côté de la partie déviée, une autre partie non déviée, beaucoup plus absorbable que la première. C'était une nouvelle distinction qui s'établissait entre les rayons α et β de M. Rutherford. Le polonium, d'après la constatation de Henri Becquerel, n'émet que des rayons non déviables par le champ magnétique. Au même moment, M. Villard montra que, dans le faisceau non déviable, il existe, à côté des rayons α très absorbables, un faisceau extrêmement peu absorbable, qu'on appelle les rayons γ, identiques aux rayons X.

On sait, depuis la belle étude de M. J.-J. Thomson sur les rayons cathodiques, qu'on peut, en étudiant la trajectoire d'un électron dans un champ magnétique d'intensité connue, déterminer la quantité $\frac{mv}{e}$, m étant la masse d'un électron chargé d'une quantité d'électricité e et animé de la vitesse v. En effet, la trajectoire des rayons lancés normalement au champ est une circonférence de rayon $R = \frac{mv}{He}$, H étant l'intensité du champ magnétique qui produit la déviation. Il fallait voir, avant tout, si les rayons du radium donnent des trajectoires dont le rayon R indique des produits $\frac{mv}{e}$ analogues à ceux que les rayons cathodiques avaient donnés. L'expérience vérifia ces faits, et elle montra même que toutes les préparations de radium ou de ses sels donnent des rayons de même espèce. Elle montra également que la dispersion dans le champ magnétique peut servir à étudier leur pénétrabilité, les plus déviés étant les plus pénétrants. Les épreuves obtenues en plaçant divers écrans sur une plaque photographique portant un petit morceau de radium au fond d'une gouttière de plomb, le tout mis dans un champ magnétique, ont permis de caractériser, au moyen de la limite de l'impression de la plaque, la limite des rayons qui pénétraient la substance. En connaissant le point d'émission, la position d'une fente limitante et le point d'impact sur la plaque, on avait les éléments suffisants pour calculer le rayon de courbure de la trajectoire. On en déduit aisément, par la connaissance du champ H, le produit RH, qui est égal à $\frac{mv}{e}$. Les chiffres trouvés pour la limite furent compris entre $RH = 637$ pour le cuivre, et

Digitized by Google

RH = 3.082 pour le plomb. On voit qu'en admettant des vitesses analogues à celles des rayons cathodiques, on peut calculer le rapport $\frac{m}{e}$ approximativement et déduire de là si la déviation du rayonnement dans un champ électrique doit être sensible. Ce calcul étant fait, Henri Becquerel prépara l'expérience pour le vérifier, en même temps que Curie et Mme Curie démontraient directement que le rayonnement déviable du radium transporte effectivement des charges négatives. Il publia le résultat qui vérifiait ses prévisions le 26 mars 1900 à l'Académie des Sciences, M. Dorn ayant d'ailleurs publié la même chose, en s'appuyant sur les calculs d'Henri Becquerel, le 11 mars, à Halle, et sa publication n'étant pas encore arrivée en France. Je cite ce fait pour bien montrer la fièvre dans laquelle travaillaient à ce moment ceux qui s'occupaient de radio-activité.

Le calcul appliqué à ces phénomènes montre que si, à la connaissance du rayon de courbure de la trajectoire d'un rayon cathodique dans un champ magnétique donné, on joint la connaissance de sa déviation électrostatique, on a une deuxième relation qui permet de calculer $\frac{e}{m}$ et v. Aussitôt la découverte du phénomène bien assurée, Henri Becquerel fixait les chiffres correspondant aux limites d'absorption du papier noir, et il trouva $v = 2{,}37.10^{10}$ et $\frac{e}{m} = 1{,}32.10^{7}$, chiffres très voisins de ceux que M. Kauffmann trouva ultérieurement.

L'impulsion était en effet donnée, et, pendant que Henri Becquerel se débattait contre l'insuffisance de son matériel et de ses crédits pour construire un appareil correct, permettant d'opérer dans le vide pour éviter la diffusion par l'air, M. Kauffmann réalisait l'expérience, avec une précision suffisante pour qu'on ait pu arriver à en conclure que le rapport $\frac{e}{m}$ doit être variable avec la vitesse, c'est-à-dire que la masse, cette constante mécanique qui semblait si bien établie depuis Newton, n'a pas d'existence absolue, et qu'on n'a le droit de considérer ce coefficient comme constant que dans le cas des vitesses infiniment petites par rapport à la vitesse de la lumière. Nous n'en dirons pas davantage sur cette question qui, à partir de ce moment, sort du domaine d'Henri Becquerel. C'est qu'en effet, devant le flot des productions étrangères qui se servaient de ses résultats, et devant les résultats nouveaux qui se présentaient chaque jour à lui, il dut laisser à d'autres ces expériences qui nécessitaient un matériel qu'il ne possédait pas.

Arrivons maintenant aux rayons α. Après qu'ils eurent été bien nettement distingués des β par les expériences que nous avons relatées ci-dessus, on pouvait se demander s'ils étaient réellement insensibles au champ magnétique, ou seulement peu sensibles.

M. Rutherford fit une expérience dont il conclut à une déviabilité légère, mais cette expérience ne pouvait entraîner la conviction, l'interprétation en étant beaucoup trop complexe. Henri Becquerel reprit la question au moyen de clichés photographiques sur lesquels il fit des mesures précises, et il put établir indiscutablement la faible déviation des rayons α, et le fait que ceux-ci forment un pinceau nettement défini, ne donnant pas lieu à la dispersion magnétique, au moins d'une manière sensible. Ces rayons sont analogues aux rayons-canaux de M. Goldstein.

Dans cette série d'expériences, il fut constaté que la courbure des rayons α n'est pas constante, mais qu'elle augmente à mesure que le trajet dans l'air augmente lui-même. La grande absorption de ces rayons dans l'air rendait difficile l'étude de la déviation électrique et magnétique simultanée. Cette question fut résolue par M. Des Coudres.

La question du changement de la courbure de la trajectoire des rayons α à mesure qu'ils se propagent dans l'air donna lieu à de nombreuses expériences, ainsi que ce qui se produit quand des rayons α traversent une lame d'aluminium très mince. Les expériences de M. Rutherford et celles d'Henri Becquerel lui-même prouvèrent que, dans ce cas, il y a un ralentissement notable des corpuscules chargés, se manifestant par une augmentation de la courbure de la trajectoire dans le champ magnétique.

Pour Henri Becquerel, il y a une augmentation de la masse, tandis que, pour M. Rutherford, il y a diminution de la vitesse. Nous ne pouvons entrer dans le détail de cette discussion, à laquelle prirent part également MM. Bragg et Kleeman.

En tout cas, l'étude approfondie des phénomènes montra à Henri Becquerel que le polonium donne des rayons identiques aux rayons α du radium, élucidant ainsi les différences essentielles qu'une étude préalable avait déjà révélées.

Reprenant alors les mêmes expériences avec l'uranium, il chercha si celui-ci n'émettait absolument pas de rayons α. Pour cela, il le plaça dans le vide, afin d'éviter l'absorption par l'air, et il trouva que, même dans ces conditions, aucun rayon α n'apparaissait. Les rayons β permirent quelques mesures, et lui montrèrent que l'uranium émet des rayons β très déviables, c'est-à-dire à vitesse faible.

Au début de ces études s'était révélée l'existence de rayons secondaires produits quand des rayons de Becquerel viennent frapper les corps ; il fallait les soumettre à une étude systématique, et tout d'abord voir s'ils sont produits également par

Digitized by Google

tous les rayons émanés du radium. Au moyen du procédé des deux fentes dans le champ magnétique, dont nous avons dit un mot tout à l'heure, fut produit un spectre pur, et un écran de plomb muni de fentes séparées les unes des autres isola dans ce spectre des radiations simples; puis un écran d'aluminium placé sur ces faisceaux simples montra que les rayons les moins déviés, c'est-à-dire les plus rapides, traversent l'aluminium sans y subir aucune modification; les rayons pour lesquels $RH = 3.436$ sont les premiers qui se transforment; ils donnent lieu, après la lame d'aluminium, à une émission de rayons secondaires. Les rayons pour lesquels $RH < 1.500$ sont complètement arrêtés par la lame d'aluminium et ne donnent lieu à aucune émission au delà de celle-ci.

Enfin, une expérience spéciale permit de voir que les rayons secondaires sont déviés au même titre que les primaires par le champ magnétique.

Ce sont ces rayons secondaires qui produisent les impressions intenses des plaques photographiques, quand on pose sur celles-ci des écrans de plomb contenant des produits radio-actifs. Le rayonnement très pénétrant traverse le plomb et produit sur celui-ci des rayons secondaires, qui impressionnent vivement la plaque. Ce sont également ces rayons qui produisent les augmentations d'impression qui s'observent toujours le long des écrans frappés par les rayons de Becquerel. Enfin, ces expériences, reprises avec du polonium, montrent qu'on peut manifester à la longue des rayons secondaires dus au mica traversé par un rayonnement beaucoup plus pénétrant que le rayonnement qu'on observe d'habitude avec ce métal.

Henri Becquerel étudia également la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge sous l'action de ses rayons, et il vit que ce sont les rayons peu pénétrants qui produisent la partie essentielle de l'action; l'expérience n'a pu être menée avec les rayons α, à cause de la nécessité de protéger le radium.

Après le succès de la féconde théorie de l'ionisation des gaz, il était utile de voir si des phénomènes analogues à ceux qui se passent dans l'air se produisent quand on irradie des diélectriques solides. M. J. J. Thomson avait montré que cette action existe pour les rayons X; Henri Becquerel montra que la paraffine, liquide ou solide, devient conductrice sous l'action de ses rayons. Cette action s'est maintenue constante, dans un même appareil, pendant un an, montrant qu'elle se produit même quand la paraffine a pris son régime permanent.

Pendant que ces découvertes s'accomplissaient, Curie et Mme Curie découvraient la radio-activité induite, et M. Rutherford l'émanation du radium, avec ses propriétés si curieuses, l'épuisement des solutions qui émettent de l'émanation, et la réactivation des précipités au bout d'un certain temps. Le thorium avait montré l'existence d'une émanation propre; l'uranium n'a jamais permis d'en isoler une. Cependant, Henri Becquerel put montrer que certains phénomènes se passent comme si l'uranium avait une émanation. Sir W. Crookes avait montré que, par des cristallisations fractionnées du nitrate d'urane en solution dans l'éther, les matières étrangères étaient devenues radio-actives, ce nitrate l'étant de moins en moins. Il attribua celà à un corps nouveau, qu'il appelle Ur.X. Henri Becquerel montra que ces phénomènes suivent les mêmes lois que ceux que présentent les sels de radium en dissolution, et que le nitrate cristallisé se réactive au bout d'un certain temps. Il semble donc bien qu'il y a une émanation de l'uranium.

Enfin, il montra que le sulfate double d'uranyle et de potassium est spontanément lumineux dans l'obscurité, comme les sels de radium. L'effet est seulement beaucoup plus petit, comme on devait s'y attendre.

Sir W. Crookes avait découvert le phénomène curieux du spinthariscope, scintillation de la blende hexagonale sous l'action des rayons α, et l'avait attribué à la discontinuité de l'émission de ceux-ci. Henri Becquerel montra que ce phénomène est dû à un clivage des cristaux de blende sous l'action des rayons α.

Je ne puis faire entrer dans le cadre de cet article les discussions des théories qui ont été émises pour expliquer la radio-activité. Henri Becquerel admettait, avec Curie, que les phénomènes sont dus à une évolution constante de l'atome, l'atome des corps actifs n'étant pas invariable et se détruisant constamment par une sorte d'explosion. Les débris pourraient être en partie de la matière inerte, et en partie des électrons ou groupements d'électrons, qui constitueraient les divers rayonnements α et β, et communiqueraient à l'éther des ébranlements (rayon γ); les corpuscules resteraient répandus dans la matière et dans l'espace. Dans cet ordre d'idées, l'émanation pouvait être regardée comme des groupements d'électrons transportés par la matière gazeuse. Peut-être, au contraire, comme le voudrait M. Filippo Re, devrait-on considérer l'atome radio-actif comme un système solaire en train de se condenser; peut-être, avec M. Perrin, doit-on le considérer comme un système solaire dont les planètes extrêmes s'échappent.

Ayant examiné ces hypothèses, Henri Becquerel termine en disant : « L'hypothèse de M. Re peut être prise en considération au même titre que l'hypothèse inverse. Elle partage avec celle de

Digitized by Google

M. Perrin l'intérêt puissant qui s'attache aux tentatives faites pour ramener à des lois communes l'infiniment petit de l'atome et l'infiniment grand de l'Univers. »

IV. — Recherches diverses.

A côté de ces grandes questions où il s'est taillé une place magistrale, Henri Becquerel a porté son activité sur un certain nombre d'autres problèmes qu'il a dû abandonner sous la poussée de questions plus importantes. Je citerai pour mémoire ses belles recherches, en collaboration avec Edmond Becquerel, sur la température du sol, ses recherches de 1879 sur les propriétés magnétiques du nickel et du cobalt, et j'insisterai un peu plus sur quelques autres.

Tout d'abord, il montre, par une expérience directe d'interférence, que, dans la propagation à travers les milieux rotatoires magnétiques aimantés, les rayons circulaires droits et les rayons circulaires gauches ont des vitesses de propagation différentes. Plus tard, quand fut publié le phénomène de M. Zeeman, il reprit ces idées ainsi que celles que nous avons analysées ci-dessus, relativement à la réaction du champ magnétique sur la lumière, et montra la connexion des phénomènes de Faraday et de M. Zeeman. Puis, en collaboration avec M. Deslandres, il étudia expérimentalement le phénomène, dans le cas du fer en particulier. Ils montrèrent que, dans ce cas, certaines raies sont insensibles, certaines donnent des triplets, et d'autres des quadruplets. Ils ont vu une anomalie dans la raie $0\mu,3865$: les deux raies extrêmes sont polarisées perpendiculairement aux lignes de forces, les deux moyennes le sont parallèlement.

Citons encore le beau travail où Henri Becquerel montra la dispersion anomale de la vapeur de sodium. Il le fit par la méthode classique des prismes croisés, mais avec un dispositif d'une originalité extrême. Il produisit un prisme de vapeur de sodium en écrasant une flamme de Bunsen jaune au moyen d'une petite gouttière en platine, et il reçut le spectre ainsi formé sur la fente d'un réseau, le tout étant éclairé par de la lumière blanche. Il vit alors, dans les raies D_1 et D_2, se produire des lignes hyperboliques qui mettaient le phénomène en évidence.

Et nous terminerons cette notice trop courte en rappelant que Henri Becquerel et Curie furent les premiers à éprouver les effets cruels de la radiumdermite. Pour avoir porté dans son gousset une préparation de radium pendant quelques heures, Henri Becquerel eut au flanc une ulcération qui fut longue à guérir, et, en un autre point, une pigmentation notable. En collaboration avec Curie, il publia son observation en même temps que celle que Curie fit sur lui-même, ces deux grands hommes ayant été tous deux victimes de leurs découvertes, qui les menèrent ensemble à la gloire et dont les fatigues ne furent peut-être pas étrangères à leur fin prématurée.

V. — Conclusion.

Et maintenant, qu'il me soit permis, après avoir trop vite résumé cette œuvre immense, d'exprimer un amer regret, en ma qualité d'ami d'Henri Becquerel et de Français. Henri Becquerel arriva à édifier son œuvre avec des moyens matériels infimes, et le regret que j'exprime, c'est qu'une aussi haute intelligence n'ait pas eu à ses ordres les crédits, l'installation et le personnel nombreux que nous voyons dans tant de laboratoires étrangers, moyens matériels qui lui auraient permis d'arriver plus souvent encore avant les autres, dans la voie féconde qu'il avait ouverte.

André Broca,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris,
Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

LES CUIRASSÉS MODERNES

DEUXIÈME PARTIE : ARMEMENT ET PROPULSION

Dans un premier article [1], nous avons examiné en détail la puissance offensive, qui est la principale caractéristique du cuirassé moderne; nous allons maintenant passer sommairement en revue les autres particularités intéressant les nouveaux bâtiments.

I. — Déplacement des nouveaux cuirassés.

Pour munir les nouveaux cuirassés d'une artillerie composée de nombreuses pièces de gros calibre approvisionnées d'un nombre de coups suffisants, pour leur assurer, soit contre le canon, soit contre les torpilles, une protection en rapport avec leur puissance offensive, pour leur donner

[1] Voir la *Revue* du 15 octobre 1908, t. XIX, p. 777 et suiv.

Digitized by Google

une vitesse à peine atteinte autrefois par les croiseurs, il a fallu arriver à de très forts tonnages. Seuls, les Autrichiens se sont efforcés d'établir un type d'un tonnage un peu inférieur à ceux des autres nations, mais néanmoins supérieur à celui de leurs cuirassés précédents. Il est intéressant de jeter un coup d'œil sur les déplacements auxquels on a été conduit :

Japon		21.100
États-Unis	20.300	(22.430 en surch.)
Brésil		19.550
Angleterre (type *Bellerophon*)		18.900
Allemagne	18.000 à	19.000
France		18.350
Italie		18.000
Autriche		14.500

Les gros déplacements n'effraient plus comme autrefois. On a renoncé au problème insoluble que l'on posait jadis aux constructeurs en fixant d'abord le déplacement qu'il leur était interdit de dépasser, puis en exigeant d'eux un bâtiment qui possédât à la fois les qualités défensives et offensives et la vitesse d'un navire beaucoup plus grand.

Néanmoins, quelques voix s'élèvent encore de temps à autre pour protester contre l'augmentation des déplacements. « Mieux vaut, disent les ennemis des gros tonnages, répartir un même armement entre deux cuirassés que de le concentrer sur un seul : cela permet d'avoir, pour un même prix, un plus grand nombre de navires en état de naviguer et de combattre efficacement ; cela permet de constituer des escadres plus nombreuses, donc plus fortes. »

Cette opinion repose sur d'anciens préjugés. A une époque où les escadres cuirassées n'avaient encore jamais pris part à un combat sérieux, où il n'avait pas encore été procédé à de véritables manœuvres navales, on a pu croire qu'à armement égal une escadre de douze cuirassés serait supérieure à une escadre comprenant seulement six navires de combat de gros tonnage. Les récentes guerres et les manœuvres effectuées par de nombreuses flottes montrent qu'il n'en est pas ainsi. En effet, une escadre défilera le plus souvent en ligne de file. Or, les distances normales des navires sont de 400 mètres de mât en mât : cela ne laisse que 250 mètres environ de distance entre deux navires consécutifs et, comme cet écartement ne peut être maintenu mathématiquement, on conçoit qu'il y aurait danger à rapprocher davantage les navires. En comptant de mât en mât, une escadre de six gros cuirassés s'étendra sur 2.000 mètres de longueur; une escadre de douze occuperait un espace de 4.500 mètres environ. La transmission des ordres au moyen de signaux se fera bien plus difficilement et bien plus lentement pour cette dernière; les changements de formation ou les changements de route s'en ressentiront. Si, en l'absence de signaux, chaque navire observe et reproduit toute manœuvre exécutée par celui qui le précède, la confusion sera encore plus grande; en un mot, l'escadre la plus nombreuse manquera de souplesse.

Cette considération prend encore plus d'importance si l'on songe que bientôt il y aura en service des escadres composées de cuirassés à turbines. Ces nouveaux navires marcheront normalement à des allures supérieures à celles des anciens cuirassés. Or, à vitesse égale, ils auraient déjà, étant donné la nature de leurs moteurs, franchi beaucoup plus d'espace avant que de stopper ou de marcher en arrière. Les risques d'abordage seront accrus dans une énorme proportion si on n'écarte pas davantage les navires les uns des autres. C'est un argument de plus en faveur des gros tonnages.

Il y en a d'autres : le réglage du tir est d'autant plus facile qu'on dispose de plus de pièces de même calibre sur un navire; un autre avantage des grands cuirassés est d'exiger, à égalité d'armement, un personnel moins nombreux, comme nous le montrerons plus loin. Mais ce qui prime tout, c'est qu'une escadre de six gros navires est plus souple et plus manœuvrante qu'une de douze plus petits.

Sans doute, cela ne signifie pas qu'une nation disposant d'escadres plus nombreuses n'aura pas, de ce fait, une supériorité marquée, que ces escadres coopèrent à une même action ou qu'elles agissent successivement. Mais, pour un armement donné, il vaut mieux qu'elles soient composées de gros navires, agissant par groupes de six, plutôt que de navires plus nombreux et plus petits : cela justifie l'augmentation des tonnages.

II. — Tirant d'eau.

Nous signalions, il y a deux ans, les difficultés qu'allait soulever l'adoption des cuirassés de 18.000 à 20.000 tonnes, tant à cause de la longueur et de la largeur des anciennes formes de radoub qu'à cause du nombre de ports d'où un tirant d'eau considérable écarterait les nouveaux navires. Une des critiques principales faites au *Dreadnought* a été d'avoir un tirant d'eau excessif. Le *Bellerophon*, bien qu'il déplace 700 tonnes de plus, a 61 centimètres de moins de tirant d'eau : $8^m,85$ au lieu de $9^m,46$. Les Japonais, qui, avec le *Satsuma* (18.000 t.), atteignaient $8^m,77$, s'en tiennent à $8^m,61$ seulement sur les nouveaux cuirassés, qui auront pourtant près de 2.000 tonnes de plus que ceux de la classe *Satsuma*. En France, le *Danton* aura $8^m,44$ de tirant d'eau; aux Etats-Unis, les cuirassés en construction auront $8^m,31$. On s'efforce de tous côtés de ne pas dépasser beaucoup $8^m,50$.

Digitized by Google

III. — Protection.

Pour les blindages épais, on emploie toujours de préférence l'acier Krupp cémenté. Les faits les plus saillants sont le retour à de plus fortes épaisseurs que celles usitées dans la période précédente, et l'extension donnée au cuirassement, qui recouvre en général toute la longueur du navire, au moins au voisinage de la flottaison. De 230^{mm}, qui était presque l'épaisseur courante il y a quelques années, on est revenu à 280 et même à 305^{mm}. Nous disons revenu, car ces épaisseurs ont été autrefois bien dépassées, à des époques où le développement superficiel de la partie cuirassée était bien moindre. C'est à peine si l'on se souvient aujourd'hui de l'ancien *Dreadnought*, lancé en 1870, qui avait une ceinture de 360^{mm}, de l'*Inflexible* (1874), où l'épaisseur du blindage atteignait 610^{mm}, du *Trafalgar* (1886) avec 510^{mm}. Le *Carnot*, le *Charles Martel*, le *Jauréguibery*, encore en service, ont 450^{mm} d'épaisseur de plaques à la flottaison.

Une épaisseur de 28 à 30^{cm} n'a donc rien d'extraordinaire. On peut prévoir que cette épaisseur est appelée à s'accroître encore; car, aux grandes distances de combat, elle est insuffisante pour résister à un coup direct d'un projectile de rupture à coiffe. Évidemment, la chance de toucher le but dans ces conditions est bien minime, et il est vraisemblable qu'au début de l'action on aura recours à des projectiles à grande capacité d'explosif plutôt qu'à des projectiles de rupture. Mais il y a un autre élément dont il faut tenir compte. Les plaques Krupp cémentées sont très fragiles, à cause du durcissement de la couche superficielle. Elles se comportent très différemment, suivant qu'elles sont attaquées par un projectile dont le calibre est égal ou inférieur à leur épaisseur ou par un projectile de calibre supérieur à cette épaisseur. Dans ce dernier cas, elles paraissent beaucoup plus sujettes à se briser, ce qui donne à l'accroissement d'épaisseur plus d'importance qu'il n'en aurait autrement. En effet, on sait qu'avec des plaques dont la résistance est due surtout au durcissement de la couche superficielle externe, une augmentation d'épaisseur est loin d'avoir pour conséquence une augmentation proportionnelle de la résistance; l'accroissement d'épaisseur ne présente pas, à cet égard, l'intérêt qu'il avait lorsque les blindages étaient constitués par un métal homogène. C'est surtout pour diminuer les chances de bris qu'on s'attache à augmenter l'épaisseur des plaques. On comprend, pour la même raison, pourquoi on cherche à augmenter le calibre des pièces afin de lancer des projectiles d'un calibre supérieur aux plaques de l'ennemi.

Il est à remarquer qu'en France, où l'on n'est jamais descendu au-dessous de 280^{mm} comme épaisseur de blindage de ceinture, les cuirassés en service conservent, de ce fait, une valeur plus grande que ceux construits à la même époque dans les autres marines avec des épaisseurs moindres.

Une autre supériorité est également reconnue aux cuirassés sortis des chantiers français. En France, la tenue des cuirasses a de tout temps été l'objet de soins tout particuliers; on y a toujours tenu compte de ce fait qu'il est inutile d'avoir une grande résistance à la perforation si, à cause de son mode d'attache, la plaque peut être du premier coup fendue ou même jetée à la mer. M. l'ingénieur en chef de la marine Ferrand, dans sa très belle étude sur les avaries de combat pendant la guerre russo-japonaise, rapporte un exemple caractéristique relatif au *Cezarewitch*, construit dans les Chantiers de la Seyne. Un obus de 120 frappa à l'extrême-avant à tribord, dans une région où l'épaisseur de cuirasse était au plus de 100^{mm}. Le choc du projectile occasionna, dans le compartiment du tube lance-torpilles avant, une secousse si violente qu'un tour qui s'y trouvait fut renversé, ses pieds ayant été brisés. Quand on put examiner la coque, on ne trouva aucune trace de fatigue dans la cuirasse, ni à l'extérieur, ni à l'intérieur; les boulons avaient seulement pris un peu de jeu sans donner d'eau. Il n'en eût pas été de même sur tel cuirassé construit dans un chantier étranger que nous pourrions citer, où les plaques, tenues par quatre boulons aux angles, auraient sauté à la mer sous le choc d'un projectile qui n'eût pas été capable de les percer. Sans doute, ce dernier cas doit être une exception : il n'en est pas moins certain que c'est depuis peu qu'on s'occupe de la tenue des plaques dans les chantiers étrangers, et cela assure pour un certain temps une supériorité notable soit à nos navires de combat, soit aux cuirassés étrangers qui ont été construits dans nos chantiers.

Les tourelles se rapprochent toutes maintenant, au point de vue de la forme extérieure, du type elliptique employé depuis longtemps déjà en France. On réduit ainsi l'encombrement au minimum compatible avec la facilité du service; de cette manière, le poids de la partie mobile est le plus petit possible.

Les tourelles françaises et russes sont ovales et cylindriques, les tourelles allemandes et italiennes ovales et tronconiques, les tourelles anglaises polygonales et parallélipipédiques. Depuis le *Dreadnought*, on a surélevé beaucoup la partie arrière de la tourelle, par rapport à celle de l'avant; le plafond de la tourelle est donc incliné vers l'avant.

Aux États-Unis, pour éviter que les officiers ou

Digitized by Google

les pointeurs ne soient exposés à être blessés, comme cela est arrivé dans la guerre russo-japonaise, en regardant par les capots de visée situés sur le toit des tourelles, on a proposé de supprimer ces capots et de les remplacer par des verres prismatiques qui, partant horizontalement des tourillons du canon, passent par de petites ouvertures pratiquées sur les côtés de la tourelle. L'ouverture par laquelle passe la bouche du canon serait également protégée par des plaques disposées de manière à empêcher tout éclat d'obus de pénétrer à l'intérieur de la tourelle.

Au point de vue de la protection, il convient aussi de noter les efforts faits pour défendre les fonds du navire dans le cas où il serait frappé par une torpille; des séries de cloisons épaisses, des blindages minces sont employés dans ce but. Les organes vitaux sont ainsi enfermés dans une sorte de caisson blindé longitudinal; les dispositions en usage aujourd'hui dans la plupart des marines reproduisent, à des détails d'exécution près, le caisson imaginé par M. le Directeur des constructions navales Bertin, lors de l'établissement du projet du *Henri-IV*, mis en chantier au début de 1896. Là encore, comme pour tout ce qui a trait à la protection, ce sont les idées françaises qui ont fini par prévaloir. Le succès de la disposition employée par les Forges et Chantiers de la Méditerranée sur le *Cezarewitch* a déterminé les marines étrangères à adopter le caisson blindé à l'imitation de la France.

IV. — Artillerie.

Tandis que la cuirasse restait stationnaire au cours de ces dernières années, l'artillerie paraît avoir fait des progrès sensibles, autant du moins qu'on en peut juger d'après les renseignements vagues qu'il est possible de recueillir, chaque nation cachant avec le plus grand soin les résultats obtenus par elle.

La tendance à l'accroissement des calibres est manifeste, notamment dans les Marines anglaise et italienne, où il est question d'armer les nouveaux cuirassés avec du 343 à la place de 305.

Pour communiquer au projectile une grande force vive et lui permettre de la conserver, on s'est préoccupé à la fois d'accroître la longueur de l'âme des canons et d'augmenter le poids des projectiles. Les canons en construction ont tous au moins 45 calibres et le plus souvent 50. Les pièces de 280 allemandes, destinées aux cuirassés type *Ersatz Sachsen*, auront 50 calibres, soit dix de plus que celles de la classe *Deutschland*.

S'il ne faut pas songer à demander au Rapport sur le budget allemand le moindre renseignement relatif aux canons allemands, on peut lui emprunter des indications sur l'artillerie anglaise, pour laquelle le rapporteur ne s'est pas cru astreint à la même discrétion. En comparant les canons anglais de 305mm construits de 1886 à 1891 à ceux de l'année 1907, on obtient les résultats suivants :

	Canons de 305mm de 1886 à 1891	Canons de 305mm de 1907
Poids de la pièce	45 tonnes.	58 tonnes.
Longueur en calibres . . .	25	45
Poids du projectile.	324 kilogs.	386 kilogs.
Vitesse du projectile. . . .	582 mètres.	884 mètres.
Force vive à la bouche . .	5.794 tx-mèt.	14.772 tx-mèt.
Epaisseur de plaque en fer forgé traversée à la bouche.	570	1.925

En seize ans, l'efficacité des canons s'est accrue théoriquement de plus de 100 °/o. Nous disons théoriquement, car il convient de remarquer que l'augmentation des vitesses initiales n'est pas regardée par tous les officiers comme une cause d'accroissement de l'efficacité. Si l'on considère simplement les expériences du polygone, l'avantage est incontestable. Mais, à bord, la plate-forme n'est pas fixe, le bâtiment roule ou tangue toujours un peu : une différence de quelques minutes résultant de ce mouvement a, sur la portée du projectile, une influence d'autant plus grande que la vitesse initiale est plus forte. En tirant à 3.000 mètres avec des canons de 194 ayant respectivement des vitesses initiales de 675, 770 et 950 mètres, une différence de 15′ au départ occasionne des erreurs respectives de 100, 300 et 500 mètres. — Sur mer, le gain théorique réalisé avec l'augmentation de vitesse initiale est contrebalancé dans la pratique par une moins grande certitude de bien frapper au point visé.

M. l'ingénieur en chef de la marine Laubeuf donne les renseignements suivants relativement aux grosses pièces destinées aux navires en construction actuellement en France, en Angleterre et en Allemagne :

	305 anglais	305 franç.	240 franç.	280 allemand
Poids de la pièce, en tonnes.	56,33	50	25,6	40,[illegible]
Longueur en calibres . . .	46,3	45	45	50
Poids du projectile, en kgs.	440	445	220	345
Poids d'explosif, en kgs. .	35	13	8	12
Vitesse initiale, en mètres.	884	845	875	884

Il y a deux ans à peine, les pièces de 280 allemandes étaient réputées comme lançant un projectile ne pesant pas plus de 270 kilogs avec une vitesse initiale de 825 mètres. On voit quel immense progrès a été réalisé par l'artillerie allemande, sinon grâce à l'accroissement de la vitesse initiale, du moins grâce à l'augmentation de la masse du projectile, augmentation dont l'efficacité ne saurait être contestée.

Digitized by Google

Quoi qu'il en soit, si les chiffres donnés par M. Laubeuf sont exacts, il y aurait une grande différence entre les charges d'explosifs pour les obus de même calibre employés à bord des navires de guerre des différents pays[1], et il en résulterait une grande supériorité pour les Anglais.

Mais, comme nous avons eu soin de le faire remarquer, le mystère dans lequel s'élaborent les canons et les projectiles des diverses Puissances est si grand qu'il ne faut pas tirer des conclusions hâtives de renseignements même empruntés aux plumes les plus qualifiées, comme c'est le cas ici. Nous nous contenterons donc de faire remarquer que, d'après l'auteur de *Dreadnought-Heresie*, le poids d'explosif contenu dans les 305 anglais serait plus considérable encore et se rapprocherait davantage de la règle d'après laquelle on peut le considérer comme égal au dixième du poids du projectile. Les obus lourds de 305 contiendraient 44 kg. 3 d'explosif, tandis que ceux employés par le *Dreadnought* n'auraient qu'une charge d'éclatement de 37 kg. 2 pour un projectile pesant 385 kilogs.

L'avenir est dans l'accroissement de la masse des projectiles et en même temps dans l'augmentation de leur capacité en explosif.

Les projectiles à grande charge d'explosif sont ceux qui produiront les effets les plus redoutables. Ces effets dépendront non seulement de la capacité réservée à la matière explosante et de la nature de l'explosif, mais aussi de la fusée employée. Les résultats obtenus par les Japonais au cours de la dernière guerre montrent qu'ils étaient en possession d'une fusée très sensible ; c'est à ce fait que sont dus en grande partie les ravages causés par leurs obus à l'intérieur des navires russes. D'après le capitaine de frégate russe Semenof[2], ce n'étaient pas des projectiles qui éclataient sur le pont, mais des mines entières. Elles explosaient au moindre choc contre le premier objet qu'elles rencontraient dans leur course. Un étai de cheminée suffisait à provoquer l'explosion. Avec une fusée moins sensible, beaucoup de projectiles auraient été retomber à la mer sans éclater, après avoir traversé cheminées et superstructures. La sensibilité de ces fusées a été certainement la cause du grand nombre de canons japonais endommagés pendant le tir. A côté des avantages, il y a les inconvénients, mais les premiers l'emportent de beaucoup. On peut dire que la fusée est une des caractéristiques les plus importantes de l'obus à explosif.

On a tiré beaucoup de leçons de la bataille de Tsoushima. Celle qui se dégage le plus nettement est l'importance capitale de l'obus à grande capacité d'explosif ; et par là il faut entendre l'obus qui a *des parois tout juste assez fortes pour qu'il ne se produise pas un éclatement prématuré, et qui, est non seulement bourré d'explosif, mais muni d'une fusée capable de détoner au premier choc.*

Cependant, ainsi que nous l'avons vu, on augmente aujourd'hui les épaisseurs de cuirasse comme si l'on redoutait avant tout un coup de rupture ou de semi-rupture qui frapperait à la ceinture dans les parties vitales. Cela peut se discuter ; mais on conçoit que l'on soit entraîné à dépenser quelques centaines de mille francs de plus pour être à peu près sûr qu'un coup malheureux, si improbable qu'il soit, ne suffira pas à mettre par le fond un bateau de cinquante millions. Le grand danger est qu'on ne se laisse hypnotiser par ces cuirasses épaisses, et qu'après les avoir mises on ne se préoccupe avant tout de les percer. En effet, il ne faut pas oublier que des obus de rupture et même de semi-rupture à fusée retardée ne feront aucun dégât dans les superstructures qu'ils traverseront sans éclater ; ils pratiqueront dans les murailles des trous que l'on bouchera comme au bon vieux temps les trous faits par les boulets sur les navires en bois. Lors du procès Nebogatoff, le lieutenant Stepanoff et deux de ses camarades indiquèrent en ces termes l'état dans lequel se trouvaient les navires ennemis *Mikasa*, *Fuji*, *Idzumi*, sur lesquels ils avaient été transportés après la reddition[1] : « Leurs avaries étaient tout à fait insignifiantes ; les trous faits par nos projectiles étaient de faible dimension et circulaires. On les avait bouchés avec des hamacs que l'on avait déjà peints de la couleur employée pour le reste de la coque. » On peut donner aux navires de combat des ceintures épaisses, pourvu qu'on n'en déduise pas qu'il faut s'ingénier à percer ces cuirasses, et que cela n'entraîne pas à employer exclusivement des obus qui fassent des trous ronds.

La question de savoir si les obus doivent ou non être munis de coiffes est diversement résolue

[1] Il y a des pays, tels que l'Allemagne, où les obus reçoivent la même charge à bord qu'à terre. Il n'en est pas ainsi en France, comme le montre la comparaison des renseignements précédents avec ceux publiés dans la *Revue Maritime* (Mars 1907, p. 671). Les charges qui y sont indiquées pour les canons de côte de la Marine française sont les suivantes :

	OBUS ordinaires	OBUS allongés	OBSERVATIONS
	—	—	—
Canons de 95mm .	»	2,17 kgs.	
— 19cm .	5,9 kgs.	17 —	Les canons de 19, 24 et 27cm sont en fonte avec des tubes en acier.
— 24cm .	9,1 —	32 —	
— 27cm .	17,3 —	» —	
— 240mm .	8,3 —	35 —	Les obus allongés ont été introduits dans l'artillerie de côte en 1890 et 1893.
— 270mm .	M. 90	31 —	
	M. 93	36,8 —	

[2] *Agonie d'un cuirassé*, par le Capitaine de Frégate Semenof.

[1] *L'Agonie d'un cuirassé*, critiques du Commandant de Balincourt.

Digitized by Google

suivant les pays. La coiffe, comme on le sait, interpose un morceau de métal doux entre le projectile proprement dit et la plaque; elle permet au projectile, dans certaines conditions d'incidence, de pénétrer dans la plaque comme si sa face n'avait pas été durcie, de telle sorte qu'une plaque de 305, par exemple, est plus facilement percée par un projectile à coiffe frappant normalement qu'une plaque de 280 par un projectile sans coiffe. Toutefois, si les résultats sont nets quand l'incidence est normale, ils sont moins satisfaisants dès que l'obus arrive avec une certaine obliquité et dépendent non seulement de la coiffe, mais de la nature du métal de l'obus; enfin, la présence à l'ogive de cette masse additionnelle ne peut que nuire aux qualités balistiques du projectile. Cela explique pourquoi, très en faveur dans certaines marines, les coiffes sont abandonnées par d'autres. On croit, en particulier, que les Allemands sont sur le point d'y renoncer définitivement.

V. — Tubes lance-torpilles. Torpilles.

Tous les cuirassés en construction sont munis de tubes lance-torpilles sous-marins tirant par le travers. L'Angleterre, l'Allemagne, le Japon, l'Autriche ont un tube sur l'arrière; le tube de chasse est abandonné, sauf par les Allemands.

On doit noter l'emploi de torpilles de plus en plus grosses, portant des charges plus fortes que précédemment. L'Allemagne a, dit-on, adopté des torpilles de 23cm de diamètre; la torpille Bliss Leawitt, depuis peu en usage dans la Marine américaine, est de la même grosseur.

Les nouvelles torpilles, la torpille Bliss Leawitt, celle d'Elswick, représentent un sérieux progrès par rapport à celles de leurs devancières qui sont également mues par l'air comprimé. Le défaut des anciennes torpilles tient à la perte considérable de chaleur due à l'expansion de l'air. Cette expansion produit un froid intense; les lubrifiants peuvent être congelés, les soupapes gommées et les petits orifices d'échappement bouchés par de la glace : cela a d'autant plus d'importance que la température de l'eau ambiante est plus froide. On attribue à cette cause le peu de succès des lancements effectués au cours de la guerre russo-japonaise.

Les perfectionnements récents ont consisté à empêcher l'abaissement de la température de parvenir à un degré nuisible : on y est arrivé en réchauffant, soit l'air contenu dans le réservoir principal (torpille Bliss Leawitt), soit celui qui sort du réservoir avant son arrivée au moteur (torpille d'Elswick).

Nous empruntons à la très intéressante publication *Fighting Ships*, de Jane (1907), le résumé d'expériences effectuées avec la torpille d'Elswick; la comparaison des résultats est éloquente :

Vitesse en nœuds.

Distance en mètres	1.000	1.500	2.000	3.000	4.000
Torpille ordinaire	33,8	»	25,7	21,5	16,7
Torpille d'Elswick avec réchauffeur	»	37,0	34,5	29,0	25,5

VI. — Machines.

Le fait d'avoir comme engin de propulsion des machines alternatives ou des turbines à vapeur n'est évidemment pas d'une importance capitale pour un navire de guerre. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que toutes les nations qui ont attaché un grand prix à imiter la composition de l'artillerie du *Dreadnought* n'aient pas été aussi pressées de suivre l'exemple des Anglais en ce qui concerne les turbines à vapeur.

Trois nations seulement ont adopté sans restriction les turbines pour leurs nouveaux cuirassés, ce sont : l'Angleterre, la France et le Brésil; toutes trois ont pris des turbines Parsons. Le Japon a, dit-on, en chantier un cuirassé qui recevra peut-être des turbines; mais il ne semble s'engager qu'à regret dans cette voie. L'Autriche fera peut-être une expérience du même genre sur un des navires de la classe *Ersatz Tegethof*. La plupart des marines étudient, d'ailleurs, les turbines, mais sur des unités plus faibles.

L'emploi des turbines a donné lieu à des controverses qu'il serait trop long de rapporter ici. En ces matières, l'expérience seule peut permettre de tirer des conclusions raisonnables. Or quelques journaux anglais[1] ont fourni certains renseignements intéressants relativement à l'installation des turbines et aux essais du *Dreadnought*.

Dans la disposition adoptée par M. Parsons pour les grands navires de guerre, il y a quatre arbres différents recevant chacun une hélice. Les deux arbres du même bord sont mis en mouvement par des turbines faisant partie d'un même groupe et tournant ensemble. La répartition de la force motrice sur quatre arbres permet d'accroître le nombre de tours et de réduire les dimensions des turbines, ce qui est favorable au rendement de l'appareil moteur et facilite sa protection : ces avantages ont, d'ailleurs, pour contre-partie l'inconvénient d'obliger à employer des hélices de moindre diamètre, ayant moins de pied dans l'eau, et avec lesquelles il faut, par suite, plus de temps pour stopper et pour marcher en arrière. Sur le *Dreadnought*, la distance longitudinale entre les

[1] *Engineering*, 5 octobre 1906. — *Engineer*, 12 octobre 1906, 22 février 1907.

Digitized by Google

hélices les plus voisines du plan diamétral et celles fixées sur l'arbre extérieur est de 2m,44, de telle sorte que leur action ne se contrarie pas. L'arbre le plus rapproché de l'axe reçoit une turbine de croisière, la turbine BP de marche avant et la turbine BP de marche arrière[1]; sur l'autre arbre sont attelées la turbine HP de marche avant et la turbine HP de marche arrière; le condenseur est placé transversalement pour diminuer l'espace occupé en longueur par la chambre des machines.

L'emploi de turbines de croisière sur un certain nombre de navires de guerre, puis sur le *Dreadnought*, a été une innovation tout à fait heureuse, qui a permis de réduire beaucoup la consommation à demi-puissance.

Lorsque la puissance décroît, la consommation augmente dans de fortes proportions. Aux grandes allures, la vapeur va directement des chaudières aux turbines HP et de là aux turbines BP, puis au condenseur sans passer d'abord par la turbine de croisière. Les dimensions des rotors du *Dreadnought* sont :

	DIAMÈTRE	LONGUEUR
Turbines de marche avant, HP. . .	1m,727	2m,616
— — BP. . .	2m,337	1m,980
— arrière	1m,727	0m,940
Turbines de croisière	1m,727	2m,610

Le condenseur principal a une surface réfrigérante de 2.415 mètres carrés.

Depuis peu, M. Parsons a imaginé, pour maintenir un bon vide, un nouvel appareil, appelé augmentateur de vide (vacuum augmenter), qui consiste en un petit jet de vapeur débouchant dans une portion rétrécie d'un tuyau partant du fond du condenseur; ce jet entraîne l'air hors du condenseur et l'amène à la pompe à air en passant par un petit réfrigérant auxiliaire : la quantité d'air est ainsi réduite à une proportion insignifiante.

[1] BP = basse pression ; HP = haute pression.

L'importance d'un bon vide est très grande au point de vue de la consommation. En maintenant un vide de 711mm au lieu d'un vide de 686mm, on réalise une économie de combustible d'environ 5 °/₀. Toutefois, comme l'a fait remarquer le chef du Bureau des Machines à vapeur des Etats-Unis, il convient de ne pas aller au delà. « Une fois que l'on a atteint 710mm, le prix du vide en poids et en *complexité de la machinerie* croît rapidement. Le poids de charbon économisé peut être inférieur au poids des mécanismes ajoutés; l'accroissement de la complexité du système de condensation arrive à contrebalancer l'augmentation de rendement de la turbine principale. » Ce sont des considérations qu'il importe de ne pas perdre de vue. Les turbines du *Dreadnought* ont été calculées pour développer une puissance totale de 23.220 chevaux en tournant à 320 tours ; la pression de vapeur à l'arrivée dans les machines étant de 13 ½ kilogs, on comptait dans ces conditions réaliser 21 nœuds. Le tableau de la page 820, qui résume les essais du *Dreadnought*, montre que ces prévisions ont été largement réalisées.

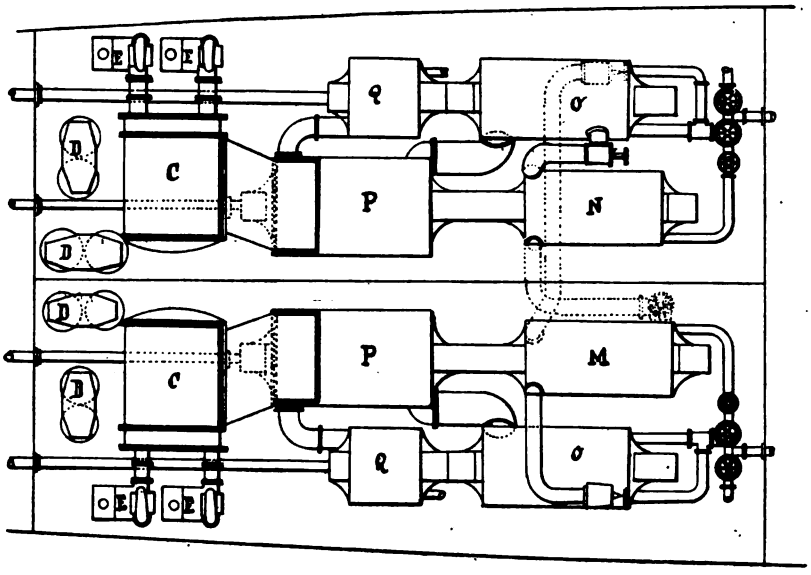


Fig. 1. — *Disposition des turbines sur un cuirassé.* — N, turbine de croisière HP; M, turbine de croisière intermédiaire; O, turbine de marche avant HP; P, turbine de marche avant BP; Q, turbine de marche arrière HP. (La turbine de marche arrière BP est à l'arrière de P, sous le conduit d'évacuation de la vapeur au condenseur C); D, pompe à air; E, pompe de circulation.

Les résultats obtenus sur le *Dreadnought* au cours de ces essais sont des plus satisfaisants. La consommation à 13 nœuds (1 kil. 179 par cheval et par heure) est sans doute élevée, mais n'est cependant pas telle qu'on aurait pu le craindre à cette allure, d'après les valeurs déduites d'essais relatifs à des navires à turbines plus anciens.

D'autre part, la vitesse de 21,25 nœuds a été atteinte très facilement. Les essais ont été effectués extrêmement vite et sans incidents, comme le montre ce fait que, commencés le 3 octobre 1906, ils ont été terminés le 9, n'ayant duré qu'une semaine.

Le *Dreadnought* a ensuite effectué une croisière de 3.400 milles de Gibraltar à la Trinité, à une allure moyenne de plus de 19 nœuds. Durant ce voyage,

Digitized by Google

il a été procédé à des essais de stoppage et de changement de marche dont les résultats sont du plus haut intérêt. Le navire étant lancé en avant à la vitesse de 12 nœuds (185 tours), on a fait en arrière à pleine vapeur : le navire a mis 3 minutes 3 secondes à stopper et a parcouru 663 mètres pendant ce temps. A la vitesse de 20 nœuds, il a stoppé dans les mêmes conditions après un parcours de 940 mètres, et il s'est écoulé 7 minutes avant que le navire ne fût en marche sur l'arrière à une vitesse de 15 nœuds.

Les meilleurs essais ont été les suivants :

D'en avant à toute vitesse à l'arrêt complet. .	14 sec.
Pour repartir en avant.	3 —
D'en avant à toute vitesse en arrière	33 —
D'en arrière à toute vitesse à l'arrêt complet .	9 —
Pour repartir en arrière	4 —
De toute vitesse en arrière à toute vitesse en avant	33 —

longue immobilisation que pourrait entraîner pour le bâtiment la réparation d'une avarie de turbines. Il n'y a pas lieu de s'y arrêter. Les turbines peuvent se loger dans des chambres beaucoup moins hautes que les machines alternatives, et sont, par suite, plus faciles à protéger par un pont blindé placé au-dessus de la flottaison. Moins habitués que les Français à fermer hermétiquement les compartiments de machines, les Anglais ont pu avoir quelque défaut de ventilation sur un navire où ils auront été tentés de profiter de la facilité de protection qu'ils n'avaient pas avec les anciennes machines, auxquelles ils donnaient de grandes courses de piston et de forts rapports de bielle à manivelle. Ils y auront remédié, et cet inconvénient ne se renouvellera pas sur les types suivants. En ce qui concerne la difficulté de réparer rapidement les turbines, l'avarie qui est la plus à

TABLEAU I. — *Résultats des essais des turbines à vapeur du* **Dreadnought.**

	DURÉE DES ESSAIS					
	2 heures	2 heures	30 heures	2 heures	30 heures	8 heures
Pression d'air dans les chaufferies, en millimètres.	»	3	14	20	23	30
Pression de vapeur aux chaudières.	15,46	15,96	15,46	16,17	16,30	16,94
— aux turbines de croisière. . . .	1,75	3,87	5,78	12,58	»	»
— aux turbines H. P.	0,17	1,09	1,95	5,02	7,72	10,97
Pression ou vide dans les turbines de basse pression, en millimètres ou kilogs.	483	406	305	102	0k15	0k69
Vide au condenseur, en millimètres	703	709	701	691	703	691
Nombre de tours par minute, arbres intérieurs. . .	114	115	205	284	296	535
— — arbres latéraux. . . .	118	152	182	244	286	232
Force en chevaux de 75 km.	1.321	2.809	5.082	13.271	17.164	25.054
Consommation par cheval et par heure, en kgs . .	»	»	1,79	»	»	0,685
Vitesse, en nœuds.	»	»	13	»	19,3	21,25
Recul	»	»	13	»	21	26

Évidemment, les cuirassés naviguant en escadre auront à prendre des précautions inconnues autrefois; les distances devront être augmentées, d'autant plus que les faibles vitesses devront être abandonnées comme très dispendieuses, et que l'allure moyenne sera d'environ 15 à 16 nœuds: tout cela était connu. Sans doute, il ne faut pas tabler sur les valeurs correspondant aux meilleurs essais de changement de marche; ce sont les plus mauvais qu'il y aurait intérêt à connaître et qui devraient servir de guide. Ces réserves faites, les résultats des expériences du *Dreadnought* n'ont rien qui puisse étonner, ni qui soit de nature à suggérer des craintes. C'est plutôt le contraire.

En dehors des deux questions de consommation de charbon et de facilité de manœuvre, d'autres objections ont été soulevées contre l'emploi des turbines sur les navires de guerre. Elles ont porté sur l'excessive chaleur qui régnait dans les chambres de turbines du *Dreadnought* et sur la trop craindre est une « salade d'aubes ». Il est certain qu'une avarie de cette nature entraînerait pour le navire une immobilisation d'une durée bien supérieure à celle qu'exigerait, dans le cas d'une machine à pilon, un remplacement d'excentrique ou la mise en état de coussinets qui auraient chauffé fortement. Mais une bonne construction préviendra très probablement les salades d'aubes, et il est juste de reconnaître qu'avec les turbines les autres causes d'avaries du moteur principal sont presque supprimées. On ne voit pas trop, en effet, quel autre incident pourrait être à redouter, à part les échauffements de coussinets : mais, malgré la vitesse de rotation, ceux-ci ne sont plus à craindre comme ils pouvaient l'être avec les machines à pilon. Le mouvement régulier de rotation produit par la turbine a permis d'adopter des dispositifs de graissage si perfectionnés que les coussinets des arbres se trouvent dans des conditions qui n'ont plus rien de commun avec celles où sont pla-

Digitized by Google

cés les coussinets des machines alternatives, pour lesquels le mouvement de pilonnement s'oppose à toute adaptation d'un tel système. En un mot, avec les turbines, des avaries seraient graves à cause du temps qu'exigerait la réparation, mais il y en aura beaucoup moins qu'avec les machines alternatives; elles seront extrêmement rares.

Il faudra nécessairement avoir à bord un personnel soigneux et habile, mais c'est là chose indispensable, quel que soit le type de machines.

En résumé, les renseignements qu'on a pu recueillir sur les essais du *Dreadnought* sont favorables à l'emploi des turbines sur les cuirassés : les inconvénients (fortes consommations, stoppage lent) ont été moins prononcés qu'on aurait pu le craindre ; par contre, les moteurs ont pu être mieux protégés qu'autrefois, les grandes vitesses ont été obtenues bien plus facilement et sans fatigue pour les appareils; enfin, ce qui est important, étant donné le mode de travail de la vapeur, une différence de pression de quatre à cinq kilogs dans le timbre des chaudières n'a plus l'intérêt qu'elle avait avec les machines alternatives, ce qui assurera une plus grande durée aux chaudières.

Avant de dire quelques mots des appareils évaporatoires, il convient de ne pas passer sous silence un bruit d'après lequel on expérimenterait sur un des prochains cuirassés anglais un moteur à explosion construit dans le plus grand secret. Si cela était vrai, cette innovation serait bien plus considérable que l'application des turbines sur le *Dreadnought*. Il est impossible de dire ce qu'il y a de fondé dans cette rumeur. Le seul fait certain est que, de même que durant la période de construction du *Dreadnought*, il se produit actuellement un ralentissement dans les mises en chantiers de cuirassés en Angleterre; mais on a pu tirer d'une simple coïncidence des conclusions prématurées.

VII. — Chaudières.

1. *Types adoptés.* — Les chaudières généralement adoptées pour les nouveaux cuirassés sont des types Belleville, Niclausse, Babcock et Wilcox, c'est-à dire des chaudières multitubulaires à gros tubes de types bien connus, et qui ont fait leurs preuves.

Les Japonais ont donné la préférence à des chaudières nationales à petits tubes, type Myabara. Ces chaudières sont formées de deux ensembles de trois collecteurs cylindriques superposés, en tôle rivée, les quatre inférieurs de même diamètre, les deux supérieurs plus grands.

Les tubes légèrement courbés sont disposés comme l'indique la figure 2 et vont du collecteur d'un bord au collecteur immédiatement supérieur de l'autre bord. Ces appareils évaporatoires semblent devoir présenter les avantages et les inconvénients inhérents jusqu'ici aux chaudières à petits tubes. Ils ont, quoique probablement à un degré moindre que les appareils évaporatoires de la même classe, le défaut de n'avoir pas tous leurs tubes visibles et démontables. Dans ces conditions, la sécurité ne peut être obtenue qu'au prix de changements périodiques et coûteux de tout l'ensemble du faisceau tubulaire au bout d'un certain temps de service.

2. *Surchauffe.* — La surchauffe de la vapeur a donné lieu, au cours de ces dernières années, à des essais concluants. Les résultats des expériences

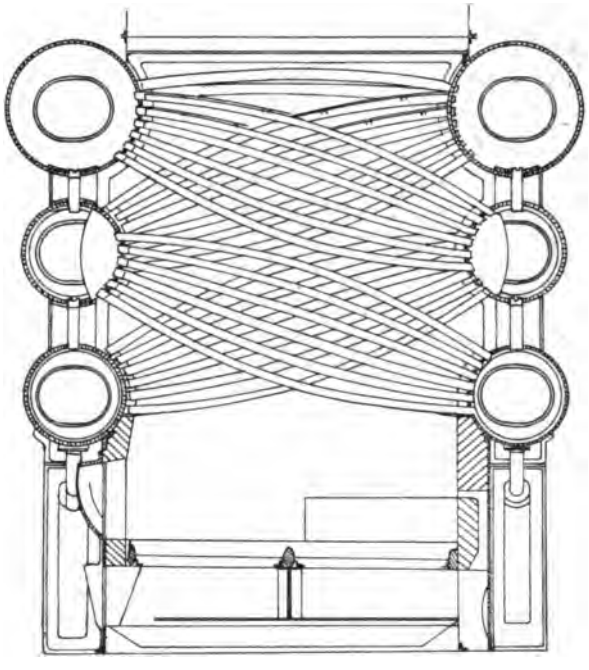


Fig. 2. — *Disposition des tubes dans la chaudière Myabara.*

faites à bord de navires de guerre des États-Unis, avec des chaudières Babcock et Wilcox munies de surchauffeurs, déterminèrent l'Amirauté anglaise à entreprendre des essais de même genre avec quelques-unes des chaudières du *Britannia*. Le gain réalisé sur la consommation fut considérable. Les essais faits soit à terre, soit sur des navires de commerce, confirment ces résultats. Cela promet, d'après le *Fighting Ships* de Jane (1907), « de tels avantages pour les turbines qu'il est certain que beaucoup des chaudières des nouveaux navires à turbines de la Marine britannique seront munies de surchauffeurs ». Cela se conçoit fort bien, étant donné l'intérêt qu'on attache à diminuer la consommation sur les navires à turbines.

Le système de surchauffeur adopté par la Maison Niclausse mérite une mention spéciale. Il a été décrit avec beaucoup d'éloges dans le *Fighting Ships*

Digitized by Google

et par Fr. Geiseler dans la *Zeitschrift des Veireines Deutscher Ingenieure*. Ce surchauffeur (fig. 3 et 4) se compose de serpentins superposés, placés horizontalement, formés de tubes en acier sans soudure, qui sont réunis à leurs extrémités avant et arrière par des boîtes de jonction. Ces boîtes, en acier moulé, sont munies de filetages coniques dans lesquels viennent se visser les extrémités des tubes.

Le faisceau surchauffeur prend la place d'un plus ou moins grand nombre de rangées de tubes vaporisateurs, et ses propres tubes sont perpendiculaires à ceux-ci. Les boîtes de jonction des extrémités reposent dans des niches pratiquées dans le briquetage de chacun des côtés de la chaudière.

La vapeur saturée sort du collecteur supérieur par la soupape A, passe par les tubes TT′ et arrive dans le surchauffeur. Après avoir circulé dans celui-ci et s'être débarrassée de son eau, qui peut être purgée au moyen de drains, elle sort, une fois surchauffée, en passant par les deux collecteurs des extrémités CC, réunis par le tuyau B; elle arrive ainsi à la valve V, d'où elle se rend à la machine.

Le surchauffeur Niclausse fait partie intégrante de la chaudière. C'est une solution très élégante, qui assure un fonctionnement rationnel. Car la chaleur transmise à la vapeur varie en raison directe de l'activité de la combustion; la surchauffe est parfaitement régulière et ne varie pas de plus de 25° au-dessus ou au-dessous de la température requise. Cette disposition est également très heureuse au point de vue du poids et de l'encombrement, et elle a l'avantage d'être applicable à des générateurs existants aussi bien qu'à ceux à construire : dans le premier cas, il suffit, en effet, de boucher au moyen de tubes tampons les trous laissés vides dans les collecteurs par les tubes des rangées supprimées.

Le seul reproche qu'on puisse faire à ce système est que, en cas d'avarie au surchauffeur, il faut isoler la chaudière pendant la durée de la réparation. Sur un grand navire, où il y a de nombreux générateurs, cela n'a pas grande importance. D'ailleurs, il convient de remarquer que la position du surchauffeur met le serpentin à l'abri des flammes : en effet, le serpentin se trouve protégé par les tubes vaporisateurs des rangées inférieures.

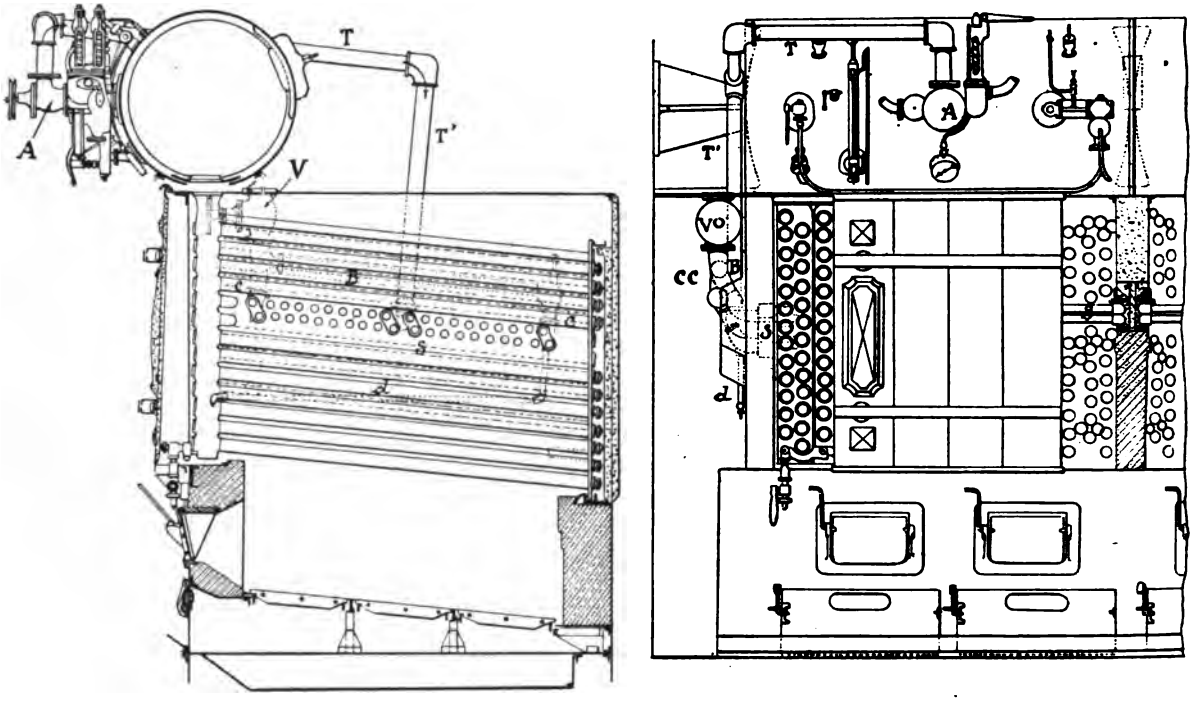


Fig. 3. — *Chaudière marine à surchauffeur système Niclausse.* — A, valve de prise de vapeur saturée; TT′, tuyaux allant au surchauffeur; S, surchauffeur; CC, collecteurs de vapeur surchauffée; B, tuyautage réunissant les deux collecteurs CC; V, soupape d'arrêt; *d*, drain permettant de purger le surchauffeur.

3. *Chauffage au pétrole.* — Le problème du chauffage au pétrole paraît définitivement résolu dans la Marine de guerre anglaise. Si les expériences ont été longues, pénibles et coûteuses et si elles ont exigé de la suite et de la méthode, du moins les résultats proclamés sont remarquables. On peut les résumer ainsi :

Economie d'un tiers environ sur le poids du combustible;

Suppression totale de la fumée;

Possibilité de maintenir pendant de longues heures la pleine vitesse, tandis qu'avec la chauffe

Digitized by Google

au charbon la nécessité de décrasser les grilles au bout de quatre heures faisait tomber instantanément la vitesse sur les navires tels que les *destroyers*, où il n'y a pas un très grand nombre de chaudières;

Faculté de pousser davantage la puissance de la chaudière sans avoir à craindre que les rentrées d'air frais occasionnent aucun accident, puisque les portes restent toujours hermétiquement closes;

Facilité d'alimenter les chaudières en toutes circonstances, même au bout d'une longue navigation; avec le combustible solide, une fois les soutes alimentaires vides, le charbon, devant être amené de soutes assez éloignées, peut ne pas arriver suffisamment vite; la nécessité de le faire passer à travers des corridors et des soutes alimentaires oblige à mettre les chaufferies en communication avec des locaux de grand volume, et cela au détriment de la pression d'air qui est plus difficilement maintenue; avec le combustible liquide, ces inconvénients disparaissent, une canalisation appropriée conduisant le pétrole depuis le réservoir jusqu'aux chaufferies;

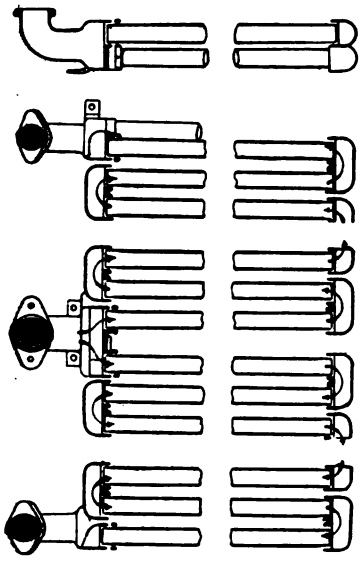


Fig. 4. — *Coupe en plan du surchauffeur.*

Enfin, disparition de tout travail fatigant pour le personnel de chauffe, dont le nombre est considérablement réduit.

Les Anglais ont tiré un parti d'autant meilleur du chauffage au pétrole qu'ils ne se sont pas attachés à s'en servir de la même façon sur les grands et sur les petits bâtiments. Sur les *destroyers*, pour lesquels les avantages que nous avons énumérés ci-dessus sont particulièrement précieux, et où il est presque impossible d'atteindre des vitesses de 34 et 35 nœuds sans recourir à la chauffe au pétrole, le combustible liquide est entièrement substitué au charbon. Sur les grands navires, au contraire, on continue à se servir de charbon en temps normal, mais néanmoins les chaudières sont disposées de manière à pouvoir brûler du pétrole; en temps de guerre, la chauffe au pétrole serait réservée pour le moment du combat ou pour les circonstances critiques.

Le voile mystérieux qui entoure aujourd'hui tout ce qui concerne les Marines étrangères recouvre d'une manière presque impénétrable les détails de construction et d'installation. Toutefois, les projections de pétrole liquide par jets de vapeur ou d'air comprimé n'ont jamais donné de résultats satisfaisants; le premier de ces procédés était trop dispendieux, le second trop compliqué. Ce n'est ni l'un ni l'autre de ces procédés que l'on emploie aujourd'hui sur les navires anglais. On sait, d'après le peu qui a été publié en Angleterre à ce sujet, que le pétrole est chauffé et comprimé avant d'être projeté sur la grille, la température et la pression du pétrole devant être réglées en fonction de la pression de l'air dans la chaufferie, pression qu'il importe de maintenir aussi invariable que possible pour que la chauffe se fasse dans de bonnes conditions.

VIII. — Le confort.

Les augmentations successives du tonnage ont permis de donner aux bâtiments modernes beaucoup plus de confort que n'en avaient ceux d'autrefois. De vastes entreponts, très élevés par rapport à ceux des anciens navires, sont faciles à aménager de manière qu'officiers et équipage puissent trouver à bord des installations saines et commodes. Même au point de vue militaire, un certain confort est une chose indispensable pour que les hommes se maintiennent sains et vigoureux.

Il est intéressant de noter que, tout en admettant ce principe, les autorités et la presse de plusieurs nations étrangères ont, au cours de ces dernières années, cru devoir s'élever avec véhémence contre les abus possibles.

L'*American Board of Construction* a donné le branle par l'organe de M. Robinson. On demande du confort, dit-il; il faut en donner, mais ce confort se paie dans le déplacement total. Si des salles de bain sont nécessaires, il ne convient cependant pas d'en mettre à profusion, et ainsi du reste. Ce à quoi le célèbre constructeur américain a entendu s'opposer, ce n'est pas au confort raisonnable, mais aux tendances à l'excès de luxe ou d'hygiène qu'il dit avoir remarquées dans certaines marines, aux exagérations qui y ont conduit à faire de cuirassés récents une combinaison « de l'hôtel moderne avec le bâtiment de guerre idéal ». De même, les expériences d'hygiène sont à faire à terre. Le cuirassé, qui ne s'éloigne pas longtemps des ports, n'est ni un sanatorium, ni un hôpital en temps de paix : on ne saurait trop le rappeler.

Il est curieux que cet avertissement ait été donné pour la première fois au pays des sports et du confort; cela prouve que, comme les Anglais, les Américains ont la perception nette que chaque

Digitized by Google

chose comme chaque homme doit être à sa place, à bord ainsi qu'à terre.

IX. — Personnel.

Une forte marine est indispensable à la sécurité et à la grandeur d'une nation qui veut conserver son rang dans le monde et son empire colonial. La nécessité de la marine de guerre n'est plus discutée : en proclamant que son avenir est sur la mer et en agissant en conséquence, l'Allemagne n'a pas peu contribué à en inculquer l'idée.

Ceci admis, il a été également reconnu que la maîtrise de la mer devait être recherchée, non près des côtes, mais sur la haute mer, au moyen de cuirassés. En haute mer, la victoire ne peut être assurée par des navires isolés, mais par des escadres, et une escadre ne vaut que par son homogénéité.

Pour réaliser cette homogénéité, il faut, soit construire, simultanément ou presque, six unités semblables comme on le fait en France, soit s'astreindre à des règles fixes suivant la méthode allemande. Ces règles, les Allemands se les sont tracées très étroites; ils ont été jusqu'à poser une limite à l'existence des cuirassés qu'ils mettent en chantier et à déterminer qu'ils seront remplacés au bout de vingt ans.

Un cuirassé a désormais une vie limitée. Il doit pendant vingt années porter haut le pavillon national et ne pas avoir de défaillances pendant tout ce temps. Pour cela, il lui faut des organes simples et robustes, un bon entretien de tous les jours et une bonne utilisation ; il lui faut des officiers, des mécaniciens et des canonniers habiles, entraînés et disciplinés. Un cuirassé moderne n'a de valeur que par l'équipage qui le monte.

Il ne peut plus être question ni de mise en réserve, ni de désarmement de pareils navires ; car ensuite il faudrait plus de six mois à un équipage nouveau pour se mettre au point. La permanence du personnel s'impose.

Le Lieutenant commander W. S. Sims fait remarquer que le même personnel est nécessaire pour un cuirassé de 13.000 tonnes, ayant une bordée de 4 canons de 305 et des pièces de moyen calibre, que pour un cuirassé de 20.000 tonnes ayant une bordée de 8 canons de 305. Partant de là, il compare une escadre comprenant 10 *Dreadnought* à une autre composée de 20 cuirassés plus petits, portant au total le même nombre de grosses pièces. En admettant avec lui qu'il faille 800 hommes et 20 officiers pour chaque bâtiment, il faudra 8.000 hommes et 200 officiers pour les 10 bâtiments à un seul et gros calibre, et 16.000 hommes et 400 officiers pour les 20 plus petits. Il sera plus facile d'avoir 8.000 hommes bien exercés et bien disciplinés que 16.000.

Une conclusion se dégage. L'Angleterre, les États-Unis, en un mot les nations qui n'ont pas le service obligatoire, ont des chances, sinon la certitude, d'avoir leurs bâtiments mieux en main, mieux entraînés que les nations continentales européennes. Les cuirassés modernes sont des outils militaires qui ont besoin d'être confiés à un personnel stable et expérimenté.

Le jour où l'Angleterre a entraîné à sa suite toutes les nations dans la construction de grands cuirassés, elle a consacré sa suprématie sur mer. Il ne suffira pas de construire des *Dreadnought*, fussent-ils plus perfectionnés que ceux des Anglais, il faudra les mener au feu et savoir viser. La question de personnel sera bien délicate et difficile à résoudre pour les nations qui ont le service militaire de deux ou même de trois ans. Sans doute, cette difficulté n'est pas insurmontable, mais elle demande à être abordée et résolue. La marine d'autrefois n'est plus : à un navire moderne, il faut un personnel presque permanent, depuis l'état-major jusqu'aux canonniers.

Le bénéfice que l'Angleterre a tiré des *Dreadnought* est incalculable. Ils ont affirmé sa domination sur les mers et ils ont attiré chez elle des clients de différents points du globe. Non seulement on y est allé chercher des turbines ; mais des nations qui, comme le Brésil, ont voulu se reconstituer une marine, se sont adressées à ses constructeurs. Le mystère qui a entouré les constructions anglaises n'a pas dû être sans influence sur ces résultats, qui sont tout à l'avantage de l'Angleterre au point de vue militaire comme au point de vue commercial ; car, plus elle sera capable de construire de grands cuirassés à la fois avec leurs blindages et leurs canons, mieux elle sera en mesure d'augmenter rapidement sa flotte le jour où elle le jugera utile.

L'effort fait par la France en mettant en chantier six *Danton* et en les munissant de turbines construites dans des chantiers français présente, dans une certaine mesure, un intérêt du même ordre pour notre pays. Si, comme il est permis de le supposer, il en résulte de nouvelles commandes des Marines étrangères, et si, d'autre part, le remplacement des cuirassés condamnés vieillis se fait désormais avec suite et méthode, nous aurons également gagné non seulement en puissance immédiate, mais encore en richesse industrielle et en capacité de production.

A. Croneau,
Ingénieur en Chef de la Marine.

Digitized by Google

LES SOURCES THERMO-MINÉRALES DE LA SAVOIE

Le département de la Savoie est une des régions de la France les plus favorisées, au point de vue des eaux thermo-minérales. Quelques-unes, comme celles d'Aix-les-Bains, Challes-les-Eaux, Brides, sont fréquentées par un grand nombre de baigneurs, et jouissent d'une réputation universelle, qu'elles doivent soit à leur thermalité élevée, soit à leur richesse en principes minéralisateurs. La plupart répondent à des médications nettement définies, et la valeur thérapeutique n'en est plus aujourd'hui contestée.

Chargé par M. Michel-Lévy, membre de l'Institut, directeur du Service de la Carte géologique de France, de l'étude du régime des eaux d'Aix-les-Bains, afin de rechercher les causes de quelques variations de température, et, — en collaboration avec M. Kilian, — par M. le maire de Saint-Jean-de-Maurienne, d'une étude sur les sources minérales de l'Échaillon (Maurienne), afin de prescrire les moyens les plus propres à en assurer la protection et le captage rationnel, il m'a paru utile de compléter ces recherches en procédant à des examens semblables sur les principales sources de la région savoisienne possédant des propriétés médicales. Je réponds ainsi au vœu formulé par M. de Launay, professeur à l'École nationale supérieure des Mines, demandant que les examens géologiques sur les sources thermales soient multipliés, car c'est seulement, dit-il, « par une série de monographies que l'on pourra arriver à préciser ce qu'il y a encore d'obscur dans le régime souterrain des eaux »[1]. En effet, si beaucoup de travaux ont été publiés sur les eaux thermales, la plupart sont dus à des chimistes ou à des médecins, et l'examen géologique a été, le plus souvent, négligé. Cet examen n'en est pas moins indispensable, car, suivant nous, ce n'est que par la collaboration de diverses compétences scientifiques que l'on arrivera à des solutions précises, lesquelles varieront suivant les conditions de gisement des eaux et la nature des dislocations des assises qu'elles ont traversées.

Avant d'entrer en matière et d'aborder ces études de détail, nous nous permettrons de rappeler quelques principes généraux et de montrer où, à l'heure actuelle, en est la question.

I

Les sources thermales, ou plutôt les *sources thermo-minérales*, — afin de tenir compte de celles qui sont froides et cependant minéralisées, — se distinguent des sources ordinaires par quelques caractères spéciaux. Le plus souvent, elles arrivent au jour par des fentes de l'écorce terrestre, fentes par lesquelles l'eau emmagasinée sous pression remonte brusquement avec un débit considérable. Les sources ordinaires, au contraire, émergent au contact d'une couche perméable et d'une couche imperméable, leur sortie ne présentant la plupart du temps aucune force ascensionnelle spéciale.

En second lieu, nombre de sources minérales se font remarquer par l'élévation de leur température, par leur grande richesse en principes minéraux, ce qui permet de les utiliser comme agents médicamenteux. Une source sera appelée spécialement thermale, dit M. de Launay, « quand sa température dépassera celle de la zone de température constante située elle-même à 20 ou 30 mètres de profondeur dans le sol »[1].

Le problème de leur genèse est encore discuté : tandis que certains auteurs, avec le regretté et éminent Daubrée, leur donnent pour origine exclusive la pénétration en profondeur des eaux de la surface, soit météoriques, soit marines, d'autres les considèrent comme provenant des régions où se forment les laves et comme un produit des réactions éruptives.

Émise en 1902 par l'illustre géologue viennois, E. Suess[2], pour les eaux accompagnant les émanations volcaniques et les sources thermales leur servant de cortège, cette théorie a été développée récemment, avec quelques modifications, par M. Armand Gautier[3]. S'appuyant sur un certain nombre d'expériences de laboratoire, sur la distillation des roches cristallines et éruptives, sur la synthèse d'eaux minérales sulfureuses et silicatées sodiques, etc., le savant professeur de la Faculté de Médecine de Paris écrit : « L'eau se forme dans les profondeurs, en vertu de la combustion de l'hydrogène central. Elle arrive en partie jusqu'à la surface sous forme de sources, elle s'unit en partie aux roches cristallines profondes. Celles-ci, dès qu'elles s'échauffent suffisamment, grâce au rapprochement des laves, cèdent par une lente distillation l'eau ainsi absorbée et concourent à leur tour à l'entretien des sources thermales. Les

[1] L. de Launay : Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales. *Loc. cit.* Paris, Bondy, édit., 1899.

[1] L. de Launay : Recherche, etc., des sources thermo-minérales. *Loc. cit.*

[2] E. Suess : Ueber heisse Quellen. *Verh. d. Gesellsch. deutscher Naturf. u. Aertzte.* Vers. zu Karlsbad, 1902.

[3] Armand Gautier : Origine des eaux thermales et de leur minéralisation. *Revue scientifique*, nos 18 et 19, 2 et 9 novembre 1907.

Digitized by Google

eaux thermales, ajoute encore M. Gautier, comme les eaux volcaniques, comme les laves elles-mêmes, *proviennent de la région ignée*. Elles suivent les mêmes trajets souterrains, elles s'accompagnent des mêmes produits gazeux.

« Qu'elle sorte indirectement des roches primitives ou qu'elle provienne directement de la combustion de l'hydrogène issu des profondeurs, l'eau des sources thermales est une *eau native* ou *juvénile*, comme dit le célèbre géologue Suess, eau essentiellement originaire de l'hydrogène central, sorti des profondeurs métalliques du globe. »

Ainsi formulées, les vues de l'éminent chimiste nous paraissent assurément trop exclusives, et, si elles semblent admissibles pour les sources thermales des régions volcaniques, elles ne peuvent être acceptées pour celles de nos régions subalpines savoisiennes, où toutes manifestations éruptives sont depuis longtemps éteintes. Les eaux d'Aix-les-Bains et de Challes-les-Eaux, par exemple, sourdent de terrains sédimentaires non métamorphiques (terrains crétacés et jurassiques), où ne se montre aucune trace de venues métallifères anciennes ou récentes. En outre, leurs terrains d'émergence sont séparés des roches cristallines par une grande épaisseur de terrains liasiques, triasiques et permocarboniériens n'affleurant en aucun point de la région.

L'origine de ces eaux, dont les unes sont thermales (Aix-les-Bains, 47°) et les autres froides (Challes, 10°5), mais fortement minéralisées, s'explique d'une façon très naturelle par le jeu de la circulation d'eaux d'infiltration devenues souterraines, dans des terrains renfermant certains éléments minéraux, ainsi que par les accidents tectoniques qui favorisent cette circulation, amenant les eaux à une certaine profondeur, — où elles acquièrent une température élevée, — et leur ouvrant, pour la remontée, des voies faciles qu'elles parcourent sans avoir le temps de se refroidir.

Quant aux sources de nos régions intra-alpines, — dont l'une (l'Échaillon) jaillit d'une roche granitique, — leur minéralisation, comme nous l'exposerons plus loin, est principalement due aux grandes masses gypseuses salifères qu'elles ont rencontrées avant de pénétrer dans le granite.

Nous admettrons donc deux catégories de sources thermales : les unes localisées dans des régions d'activité volcanique actuelle ou d'extinction récente, et que M. E. Haug, d'après M. Suess, appelle *sources hypogènes*, tandis que les autres sont dues aux eaux superficielles ayant pénétré à une profondeur plus ou moins grande, et qu'il désigne, toujours avec le maître viennois, sous le nom de *sources vadeuses* [1].

La minéralisation des sources hypogènes s'explique par l'apport de substances émanées d'un foyer profond, et par un ensemble de réactions (sublimation, dissolution, etc.) très bien étudiées par M. Gautier, en tout semblables à celles qui s'effectuent lors des émissions volcaniques. Quant aux substances minérales contenues dans les eaux que nous avons appelées *vadeuses*, elles ont pu se produire soit par simple dissolution d'éléments solubles dans l'eau et contenus dans les terrains traversés, soit par réactions chimiques d'éléments déjà contenus dans l'eau sur les minéraux des terrains traversés, soit enfin par des apports gazeux d'origine plus ou moins profonde [1].

Nous reviendrons, d'ailleurs, sur ce sujet dans le cours de cette étude.

Ces notions rappelées, nous classerons nos eaux de Savoie dans le groupe des *sources vadeuses*, et nous les diviserons : en *sources salines*, qui se rencontrent dans les régions intra-alpines et sont en relation avec les terrains triasiques; en *sources sulfurées*, provenant des terrains crétacés et jurassiques; en *sources alcalines*, émergeant des alluvions glaciaires.

II [2]

Les sources minérales de l'Échaillon, près de Saint-Jean-de-Maurienne, sont situées au pied d'une colline à structure compliquée, portant la trace

[1] E. Haug : *Traité de Géologie*, t. I, p. 284 et 359, 1907. Il est juste de dire que des vues analogues étaient professées par notre grand Elie de Beaumont. « On peut distinguer, écrivait-il en 1847, deux espèces de sources thermales; il y en a qui, comme les geysers, émanent de roches éruptives qui ne sont pas encore refroidies, tandis que les autres ne doivent leur chaleur qu'au phénomène général de la haute température de l'intérieur de la terre. » (Elie de Beaumont : « Note sur les émanations volcaniques et métallifères. » *Bull. Soc. géol. de France*, 2e série, t. IV, p. 1272).

[1] M. Ch. Moureu (*C. R. Acad. Sc.*, 1895, 1902, 1904, 1906) a constaté la présence de l'argon et de l'hélium dans la plupart des sources thermales. L'une de ces sources, d'après une note récente du même auteur (Moureu et Biquard : *C. R. Acad. Sc.*, 24 fév. 1908), celle de Saint-Romain, à Maizières (Côte-d'Or), contiendrait 5,34 °/o de son volume d'hélium.

Toutefois, d'après une note de M. A. Brochet (*C. R. Acad. Sc.*, 27 janvier 1908), il n'y aurait aucune relation entre la radio-activité des eaux et leur température, et, d'après MM. Dienert et Bouquet (*C. R. Acad. Sc.*, 18 nov. 1907), des sources ordinaires, comme celles de la ville de Paris, présenteraient une certaine radio-activité. Comme l'on sait, d'autre part, depuis les travaux de Ramsay, que l'émanation du radium, par sa destruction graduelle, donne de l'hélium, il serait prématuré de conclure à une origine ignée de toutes les eaux où la présence de ce corps a été constatée.

[2] Les sources décrites dans ce chapitre ont été étudiées, en collaboration avec M. Kilian, dans les deux publications suivantes, auxquelles nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui voudraient des renseignements plus complets :

W. Kilian et J. Révil : *Sur les sources minérales de l'Echaillon, près Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie)*. Grenoble, Allier frères, 1902.

W. Kilian et J. Révil : *Etudes géologiques dans les Alpes occidentales. — Contributions à la géologie des chaînes intérieures des Alpes françaises*. Paris, Imprimerie nationale, 1904.

Digitized by Google

de plissements et d'étirements énergiques dus aux efforts orogéniques alpins. En effet, près du pont qui traverse l'Arc, en face de la gare de Saint-Jean-de-Maurienne, on rencontre successivement (fig. 1) :

1. Gneiss amphibolique et granite gneissique X, passant vers le haut et sans limite précise à une sorte de grès arkose laminé ; c'est dans ces roches, non loin de l'apparition de la bande n° 2ᵇ, que sourdent, des fissures du granite, les *sources minérales*.

2ᵃ Mince bande d'arkose $t_{III}a$ à éléments granitiques (probablement du Trias inférieur).

2ᵇ Mince bande synclinale de calcaires bleuâtres, à patine rousse, en gros bancs, étirés au point d'affecter vers le haut de l'escarpement une disposition en chapelet, au milieu des schistes cristallins.

3. Granite gneissique. — Au pied de l'escarpement, dans les alluvions, on a signalé à ce niveau *un deuxième point d'émergence d'eau minérale*, jadis exploité.

4. Bande de dolomies à patine capucin et de calcaires du Lias (*Belemnites* sp., *Pentacrinus*).

5. Gneiss granitique et micaschiste, passant insensiblement au n° 6 (*Troisième point d'émergence de l'eau minérale.*)

6ᵃ Roche schisteuse verdâtre, d'aspect satiné. L'examen microscopique a montré que cette roche a la composition du granite ; c'est un granite laminé.

6ᵇ Vers le haut, cette même roche passe à une sorte d'arkose qu'il est fort difficile de distinguer à l'œil nu du granite laminé. Cette arkose représente sans doute la base du Trias.

7. Schistes liasiques noirs *ls* avec cristaux de pyrite. On voit dans les schistes un banc lenticulaire de calcaire cristallin.

8. Schistes luisants et Dolomies *td*, probablement triasiques avec bancs siliceux.

9. Gypses de l'Echaillon *tg*. Les premières couches, que l'on voit affleurer ensuite sur la rive gauche du ravin de Mont-André, consistent en grès quartzeux jaunâtre qui forme le noyau de l'anticlinal triasique succédant au synclinal précédent. Les gypses, superposés aux grès, présentent un développement considérable, sur sa branche Est, et affleurent jusqu'au ravin situé à l'Est du hameau de l'Echaillon. Ils sont surmontés, en ce point, par quelques bancs de cargneules et par des schistes argileux qui sont assez constants à la partie supérieure de cette bande triasique. — Viennent ensuite les schistes argilo-calcaires du Lias.

En résumé, les gneiss, granites et arkoses forment, sur un espace relativement restreint, deux synclinaux et deux anticlinaux renfermant des lambeaux de calcaire triasique et de calcaire liasique. C'est au pied de ces affleurements rocheux que sourdent les eaux thermales de l'Échaillon, se présentant avec une température d'environ 43° centigrades, et dans lesquelles l'analyse a révélé la présence de sulfates de sodium, de magnésium et de calcium, de chlorures et, d'après Calloud, de quelques traces d'iode.

Le point d'émergence actuellement capté est au bas d'une fissure nettement observable dans le granite, non loin d'une mince bande d'arkose à éléments granitiques. Deux autres griffons non exploités existent, comme nous l'avons dit, plus à l'Est et au bas des escarpements granitiques limitant les synclinaux formés d'assises secondaires.

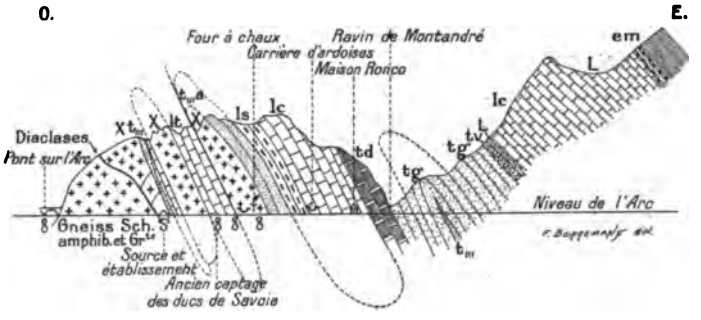


Fig. 1. — *Coupe de la rive droite de l'Arc en face de Saint-Jean-de-Maurienne et près des sources de l'Echaillon.* — X, Gneiss et Granite ; t_{III}, Quartzites du Trias inférieur ; $t_{III}a$, Arkose triasique ; *tg*, Gypse ; *td*, Dolomies et schistes luisants (Trias) ; *tv*, Schistes versicolores du Trias supérieur ; *lt*, Lias et Trias étirés (en chapelet) ; L, Calcaires et schistes rhétiens ; *lc*, Lias calcaire ; *ls*, Lias schiteux ; L, Lias indéterminé ; *em*, Conglomérats, grès et schistes éogènes ; 8, Emergences d'eaux thermales ; U, Carrières ; ψ Four à chaux. (Extrait de Kilian et Révil : *Etudes géologiques dans les Alpes occidentales*, 1 vol. in-4°. Paris, Imprimerie nationale, 1904.)

L'origine de ces sources paraît être la suivante : les eaux ayant traversé les assises gypseuses légèrement salifères du Trias supérieur, qui affleurent au-dessus du Mont-André et de Champessuit, pénètrent en profondeur, grâce aux fentes produites par les dislocations, et y acquièrent une certaine température. Circulant d'abord avec une faible vitesse dans une multitude de fissures étroites, elles s'échauffent progressivement et arrivent à accuser une température peu différente de celle de la roche

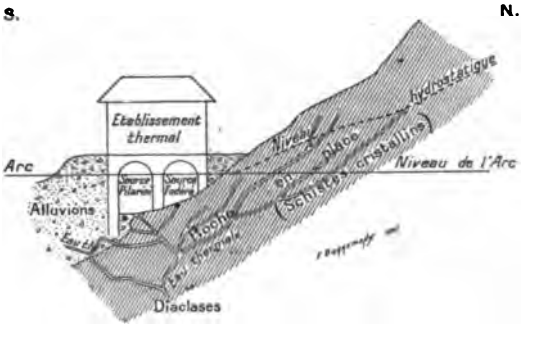


Fig. 2. — *Situation des sources thermales de l'Echaillon-les-Bains.*

encaissante. Grâce à la pression hydrostatique des eaux froides plus denses, descendantes, elles effectuent une montée plus rapide, en suivant la voie facile qui leur est offerte par le contact des roches cristallines et sédimentaires, ainsi que par les *diaclases* des granites qui s'y rattachent. Elles ne peuvent monter plus haut que la surface hydrostatique et s'écoulent alors en *un point bas*, c'est-à-dire dans le thalweg de l'Arc ; mais la surface hydrosta-

Digitized by Google

tique s'élève dans l'intérieur du massif, et on pourrait aller y chercher les eaux par des puits et des galeries.

Quant à la minéralisation, elle doit être attribuée à la bande de terrains triasiques que les eaux ont traversée avant d'atteindre les schistes cristallins et d'arriver en profondeur. Elles sourdent manifestement des fissures de ces schistes; de là elles gagnent les alluvions de l'Arc, dans lesquelles leur composition se modifie légèrement et où elles ont fait l'objet de plusieurs captages anciens.

Les eaux de l'Échaillon appartiennent à la catégorie des sources salines thermales, qui sont fréquentes dans les Alpes françaises, et dont les principales sont, en allant du Sud au Nord : Monestier-de-Briançon (Hautes-Alpes), La Motte (Isère), Allevard (Isère), Brides (Savoie), Salins-Moûtiers (Savoie), La Léchère (Savoie), Saint-Gervais (Haute-Savoie), etc... Nous n'étudierons que celles du département de la Savoie, que nous examinerons rapidement, afin de ne pas nous exposer à des redites inutiles.

Les eaux de Brides, connues anciennement sous les noms d'Eaux-du-Bain, puis d'eaux de La Perrière, n'ont été utilisées pour les usages médicaux que depuis 1818. A la suite d'une débâcle d'un lac formé à Champagny, le lit du Doron fut déplacé et les terrains meubles qui couvraient les sources furent enlevés. Elles sortent par un certain nombre de filets d'un schiste quartzeux magnésien appartenant au Trias, mais proviendraient, d'après le Dr Laissus, de la rive droite, où existent des affleurement gypseux, qui en expliquent la minéralisation.

Les eaux de Brides sont des eaux sulfatées, chlorurées sodiques, magnésiennes, calciques et ferrugineuses, jouissant, prises à faible dose, de propriétés toniques et apéritives, tandis qu'à dose plus forte elles sont laxatives et diurétiques.

Les eaux minérales de Salins-Moûtiers sourdent sur la rive droite du Doron, à 8 mètres de profondeur, au pied d'un roc calcaire appartenant au Trias moyen. Elles arrivent au jour par plusieurs griffons, qui sont réunis dans deux bassins souterrains désignés sous le nom de *grande* et de *petite* source. C'est dans ce réservoir, d'après le Dr Laissus, qu'arrivent les canaux qui amenaient autrefois les eaux salées aux salines de Moûtiers et qui, actuellement, alimentent l'établissement thermal. Ces eaux sont franchement *salées*, un peu amères et renferment du gaz acide carbonique. Leur température est de 35° et leur volume considérable (près de 3 millions et demi de litres par vingt-quatre heures).

C'est en 1809 qu'a été publiée, pour la première fois, une analyse des eaux de Salins, analyse due au chimiste Bertier, alors professeur à l'École des Mines de Moûtiers. Elles ont été analysées postérieurement par M. Wilm, qui a trouvé 12 gr. 48 de chlorure de sodium par litre, associé à du chlorure de potassium, à divers sulfates, carbonates et arséniates et à quelques traces d'iode et de brome.

Leur minéralisation, due à des dépôts d'origine lagunaire, est riche et classe ces eaux au premier rang des eaux chlorurées sodiques, leur donnant une certaine analogie avec les eaux marines, sur lesquelles elles ont l'avantage de la thermalité.

L'eau thermale de la Léchère — près Notre-Dame de Briançon, en aval de Moûtiers — surgit par plusieurs jets, en contre-bas de deux petits lacs situés, l'un sur la rive droite de l'Isère et l'autre sur la rive gauche. Sa composition chimique (eau sulfatée calcique) indique qu'elle sort du gypse, ce qu'ont confirmé les recherches de M. l'ingénieur Termier. Ce savant a pu établir « qu'elle sort d'une bande triasique de très faible épaisseur, riche en gypse, sensiblement verticale et dont l'affleurement, caché par les éboulis et les tufs, correspond sensiblement au thalweg du petit ravin de la Léchère ».

Ce ravin marque la limite entre deux terrains distincts : au Nord, des micaschistes plus ou moins injectés de granite; au Sud, les schistes ardoisiers du Lias, les uns et les autres redressés jusqu'à la verticale. Le contact entre les micaschistes et les schistes ardoisiers n'est pas visible dans le ravin; mais il n'est pas douteux qu'il ne soit formé par une petite bande de terrain triasique. Cette bande consiste en grès blancs, en dolomies caverneuses, en schistes et gypses; elle affleure dans la direction du ravin sur la commune de Doucy. Elle reparaît de l'autre côté de l'Isère dans le ravin de Petit-Cœur.

La bande triasique passe donc à peu près exactement sous le lac de la Léchère et c'est d'elle qu'émergent les eaux thermales. La question de leur captage nécessitera la recherche des couches triasiques, dans lesquelles on devra descendre jusqu'à un niveau permettant de rencontrer les eaux chaudes.

L'intérêt que présentent ces eaux est dû à leur haute thermalité (50°) produite par leur descente en profondeur. Si un établissement était construit dans cette localité, ces eaux seraient certainement appelées à un assez bel avenir.

Les diverses sources que nous venons d'étudier donnent des eaux dont la minéralisation s'explique, de façon naturelle et presque évidente, par la constitution des terrains existant dans la région. Toutes sont en relation avec les formations triasiques, et les différences de température ne tiennent qu'à la profondeur qu'elles ont atteinte dans leur circuit souterrain.

Digitized by Google

III

Situés à la limite des régions jurassiennes et subalpines de la Savoie, les terrains secondaires dans lesquels circulent les eaux thermales d'Aix-les-Bains forment deux plis anticlinaux : le « *brachyanticlinal de la Roche-du-Roi* » et l'« *anticlinal du Revard* » que sépare un pli synclinal, le « *synclinal de Mouxy* », rempli par des dépôts tertiaires (*Aquitanien*, *Burdigalien*, *Helvétien*). La couche aquitanienne imperméable isole entièrement les eaux profondes des terrains secondaires de celles pouvant pénétrer dans la cuvette tertiaire.

La succession des couches qui prennent part à la constitution de ces divers plis peut s'observer le long du funiculaire conduisant au plateau du Revard. Nous avons dû l'étudier en détail, et nous croyons utile de la reproduire, car elle nous permettra d'établir sur des bases précises les allures des dislocations de la région. (fig. 3)

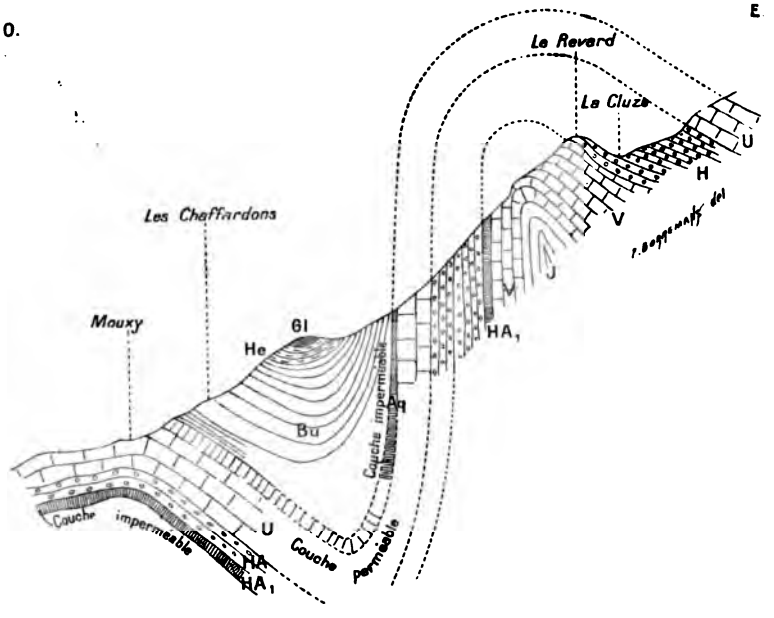


Fig. 3. — *Coupe du Revard.* — Gl, Glaciaire; He, Helvétien; Bu, Burdigalien; Aq, Aquitanien; U, Urgonien; HA, Hauterivien supérieur; HA₁, Hauterivien inférieur; V, Valanginien; J, Jurassique.

La première tranchée rencontrée après la station de départ est creusée dans les calcaires compacts de l'Urgonien qui, en ce point, sont horizontaux, appartenant à la charnière du *premier pli anticlinal*. Une carrière située au Sud de la voie, près de « Notre-Dame-des-Neiges », est ouverte dans des calcaires de même nature présentant la même disposition. Ces bancs passent ensuite à l'inclinaison Est, mais, à la hauteur du « Quartier des Moulins », sont recouverts par des alluvions glaciaires, bien développées dans les environs immédiats de Mouxy.

En continuant de remonter la voie, on ne voit affleurer d'autres formations sédimentaires qu'entre les stations de Mouxy et de Pugny-Chatenôd. Une tranchée creusée sur les flancs du monticule permet de constater la présence d'assises appartenant à la mollasse laguno-lacustre (Aquitanien), assises consistant en grès marneux verdâtres, alternant avec des calcaires blanc-grisâtre interstratifiés de lits marneux bariolés. Nous y avons recueilli quelques petits Gastropodes (*Helix Ramondi* Brgt) et des fragments de végétaux.

Aux couches lacustres succèdent les couches de la Mollasse marine (Burdigalien), inclinant vers l'Est d'environ 15°. Ce sont des grès sableux, de teinte verte, stratifiés en bancs d'une certaine épaisseur, formant la base de tout le versant que domine la station climatérique des Corbières. On les voit encore affleurer près de la gare de Pugny, où ils se montrent aussi plongeant vers l'Est. Après avoir dépassé cette dernière station, on entre dans une zone d'éboulis se développant jusqu'à « Pré-Juppert », éboulis desquels émergent çà et là des grès sableux plus tendres appartenant à un niveau supérieur (Vindobien = Helvétien). Ces grès forment le noyau de la cuvette que nous avons appelée *synclinal de Mouxy*, car, au Sud-Est du monticule des Corbières, on retrouve les grès durs du Burdigalien et les assises bariolées de l'Aquitanien, ces dernières disposées en petits lits verticaux et même, par places, légèrement renversées.

Le tunnel de « Pré-Jappert » est ouvert dans les bancs crétacés. En ce point, les bancs sont renversés, plongeant vers la montagne. Ils consistent en calcaires jaunes et calcaires marneux bleuâtres (Rhodanien), en calcaires gris et en calcaires blancs légèrement teintés de roux (Urgonien ou Barrémien supérieur) et en calcaires grenus oolithiques à petits Brachiopodes (Barrémien inférieur). Viennent ensuite d'autres calcaires en petits lits de teinte jaune ou bleuâtre, puis des bancs marneux légèrement schisteux (Hauterivien), des calcaires à silex (Valanginien supérieur) et, enfin, des calcaires compacts (Valanginien inférieur). Ces derniers ont ici une grande épaisseur; ils sont subcrayeux et oolithiques par places, rappelant le facies coralligène du même niveau de la montagne du Corbelet (niveau à *Valletia Tombecki*, M. C.). Ils dessinent en ce point la charnière de l'anticlinal du Revard et remontent

Digitized by Google

jusqu'à l'arête. La dernière tranchée de la voie ferrée est creusée dans cette formation, sur laquelle reviennent de nouveau les calcaires à silex du Valanginien supérieur et les calcaires marneux de l'Hauterivien. Ceux-ci forment le sous-sol des pâturages du plateau supérieur. Quant à l'Urgonien, il ne se retrouve que bien plus à l'Est.

Au Sud de la voie ferrée et dans le voisinage des rochers de Saint-Victor, tout le flanc occidental de l'anticlinal du Revard a été entamé par l'érosion; on peut voir les divers niveaux du Crétacé inférieur (Urgonien, Hauterivien, Valanginien) se présenter en bancs verticaux, à plongement ouest, tandis que les formations du même niveau de l'autre flanc de l'anticlinal n'inclinent à l'Est que d'environ 25°. Ces derniers forment une falaise abrupte d'où tombe une cascade (*Cascade du Ru*), dont les eaux se perdent partiellement dans les éboulis, et peuvent ainsi pénétrer dans les joints de stratification des assises rocheuses constituant ce versant de la chaîne.

Au Sud-Est du hameau de Mentens, l'érosion a mis à jour un ensemble d'assises appartenant à la série jurassique, et les dislocations présentent une plus grande intensité. Les bancs urgoniens du flanc occidental — dont l'allure générale est à inclinaison Ouest — arrivent directement au contact avec les couches du Jurassique supérieur qui plongent à l'Est; quelques mètres plus loin, on trouve avec la même allure l'Hauterivien, caractérisé par de nombreux exemplaires du *Toxaster retusus* LmK. (= *Echinos patagus cordiformis* Breyn); enfin, plus loin encore, c'est le Valanginien qui se relève contre le Tithonique consistant en couches rognoneuses disposées en petits lits, reposant en ce point sur les calcaires de la série néocomienne étirés, et plongeant en sens inverse; *il en est donc séparé par un pli-faille.*

En continuant l'étude de ce versant, et en remontant le sentier conduisant au col du Pertuiset, on rencontre les bancs appartenant au Jurassique supérieur, dont nous venons de parler, auxquels succèdent les marno-calcaires infra-valanginiens (= Berriasien), surmontés eux-mêmes par de nouvelles assises jurassiques. On retrouve ensuite de nouveau de l'Infra-Valanginien.

On a donc ici une série de *replis secondaires* alternativement jurassiques (anticlinaux) et crétacés (synclinaux), que surmontent des couches appartenant au Valanginien, à l'Hauterivien et à l'Urgonien, en succession normale.

Le flanc occidental du pli du Revard disparaît plus au Sud; on ne voit affleurer dans le bas de la falaise que les couches du Jurassique supérieur se continuant dans la direction de Chambéry, à l'Est du village de Méry.

La constitution géologique et les allures des terrains des environs d'Aix étant établies, arrivons à l'étude de l'origine et de la situation des eaux thermales.

Elles sourdent des calcaires urgoniens de la voûte surbaissée, que nous avons appelée « brachyanticlinal de la Roche-du-Roi ». Elles proviennent de deux sources fournissant l'énorme débit de 4 millions de litres en vingt-quatre heures. L'une, dite *Source de soufre*, jaillit sous l'établissement thermal, tandis que l'autre, appelée *Source d'alun*, est captée dans une grotte, sur la fissure rocheuse elle-même, et à 80 mètres environ de la précédente. Cette grotte, creusée dans l'Urgonien, a une certaine longueur et présente plusieurs ramifications.

Ces deux sources, jaillissant du même terrain, ont une identité presque absolue de caractères physiques et chimiques. Elles ont une origine commune, qui doit être expliquée par les dislocations du sol et la nature des terrains. Nous avons dit que ces dislocations comprennent deux voûtes (anticlinal de la Roche-du-Roi et anticlinal du Revard), que sépare une cuvette (synclinal de Mouxy), cuvette actuellement comblée par des dépôts tertiaires et des terrains de transport. Nous avons montré qu'à Aix même les calcaires urgoniens sont horizontaux, puisqu'ils s'infléchissent pour disparaître à l'Est sous des terrains plus récents, tandis que, sur les flancs du Revard, ils se présentent en bancs verticaux. C'est entre ces strates calcaires du massif du Revard que pénètrent les eaux météoriques; elles circulent dans les bancs calcaires fissurés et sont retenues par les couches marneuses de l'Hauterivien inférieur. Elles suivent donc toutes les inflexions des couches calcaires perméables, passent sous la cuvette de Mouxy, pour s'emmagasiner dans les grottes et crevasses souterraines du plateau d'Aix, et émerger par des *fissures*, probablement des *failles de tassement*, qui accidentent transversalement la voûte de la « Roche-du-Roi ». Les eaux descendent donc à une certaine profondeur avec les calcaires urgoniens et hauteriviens, et acquièrent ainsi une température relativement élevée. La différence d'altitude entre la partie haute du versant occidental du Revard et le fond de la cuvette de Mouxy est plus que suffisante pour expliquer cette thermalité.

Nous ajouterons que leur mouvement ascensionnel est facilité par les eaux froides descendantes exerçant une pression sur les eaux chaudes de la profondeur, ce qui permet à celles-ci de sourdre à l'extrémité du trajet parcouru.

En outre, on sait que cette circulation en profondeur dans des fissures étroites et des fentes capillaires s'effectue lentement, facilitant ainsi l'échauffement, tandis que la remontée par des fentes plus larges est ordinairement rapide, ce qui ne laisse

Digitized by Google

pas aux eaux le temps de se refroidir complètement.

D'autre part, la composition chimique des eaux d'Aix est en rapport très net avec la nature des assises secondaires parcourues par elles. Ce qui caractérise la minéralisation de ces eaux, c'est la présence de l'hydrogène sulfuré, du soufre libre et surtout des sulfates de calcium, de magnésium et de sodium. Or, les assises rhodaniennes et les marno-calcaires hauteriviens sont très riches en bisulfure de fer, qui est transformé en sulfate par l'eau et l'air dissous, lequel, au fur et à mesure de sa production, est amené par les roches encaissantes à l'état de sulfate de calcium, de sulfate de sodium et de sulfate de magnésium, le fer étant précipité à l'état de carbonate insoluble. Quant à l'hydrogène sulfuré, aux hyposulfites et au soufre libre, ils semblent pouvoir être considérés comme les produits de la réduction des sulfates, principalement de sodium, par des matières organiques.

Nous ferons remarquer que la minéralisation des eaux d'Aix est relativement faible (0 gr. 4925 par litre), ne ressemblant nullement à celle des eaux thermales des régions où existent des roches volcaniques et éruptives d'âge récent. Comme nous l'avons dit, nous ne pensons pas que la théorie de M. le Professeur Armand Gautier soit applicable aux eaux d'Aix, conception à laquelle nous objecterons, pour le cas qui nous occupe, la variation de débit et de température de nos eaux, variations qui sont nettement en rapport avec les phénomènes météoriques [1]. Enfin, la région d'Aix n'est accidentée par aucune faille d'une certaine importance, qui pourrait permettre à des eaux de grande profondeur et provenant des parties cristallines du sous-sol de s'épancher au dehors en aussi grande quantité. La faille verticale que les anciens auteurs (Ch. Lory, L. Pillet, Daubrée, etc.) indiquaient comme limitant le massif des Bauges n'existe pas. Celle que nous avons indiquée sur le revers occidental de la chaîne du Revard n'est qu'un pli-faille, simple accident du plissement superficiel, ou plutôt un plan de chevauchement amenant les assises jurassiques sur les bancs crétacés. Quant aux failles transversales du plateau d'Aix, — dont l'une s'observe nettement sur le boulevard de la « Roche-du-Roi », — ce ne sont que des failles transversales dues au tassement, et ne traversant certainement pas toutes les assises mésozoïques. La dénivellation produite n'a qu'une faible amplitude.

Nous conclurons donc que les faits observés par nous, et relatés ci-dessus, ne permettent pas d'appliquer aux eaux thermales d'Aix les vues si ingénieuses de M. Gautier. Ce sont là des sources d'un type analogue à celui de Wilbader (= sources alpestres ou indifférentes), dont l'origine ne présente rien de bien mystérieux, et se trouve *étroitement* et *manifestement* liée aux dislocations des massifs montagneux dans lesquels s'est effectuée leur circulation.

C'est également par une circulation d'eaux météoriques dans des assises éminemment disloquées que nous expliquerons l'origine des eaux de Challes. Découvertes en 1841 par le Dr Domenget, au milieu du beau domaine dont il était alors le propriétaire, ces eaux ont donné lieu à de nombreuses publications qui, la plupart, ont eu pour objet l'étude de leurs propriétés médicales. Des données contradictoires ayant été publiées sur leur situation géologique, il nous a paru utile d'en reprendre l'étude à ce point de vue.

La source de Challes se trouve sur l'emplacement

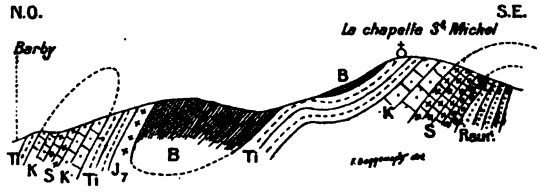


Fig. 4. — *Coupe du Mont-Saint-Michel.* — B, Berriasien Ti, Tithonique; K, Kimméridgien; S, Séquanien.

même de l'établissement thermal, au pied d'une colline : « Le Mont Saint-Michel », dont la structure est très complexe, présentant sur une faible étendue un grand nombre de plis : 1° anticlinal de la Roche, 2° synclinal de Bellevarde, 3° anticlinal Saint-Michel, 4° synclinal du Vernay, 5° anticlinal de Montgellaz.

Les deux premiers de ces plis sont déversés au Sud-Est, et nous intéressent plus particulièrement. Celui que nous avons appelé *anticlinal de la Roche* finit périclinalement sur la rive gauche de la Leysse, en face de Château-Salins, et subit une torsion entre Barby et Challes. Son flanc occidental, érodé au sud du hameau de Chaffard, reparaît au sud du village de Challes, formant une falaise rocheuse se poursuivant jusqu'au hameau de « La Chat ». Quant au synclinal de Bellevarde, — dont le noyau est constitué par des assises marneuses appartenant à l'Infra-Valanginien (= Berriasien) —, il s'accidente, sur le versant dominant Challes, d'un anticlinal secondaire jurassique, dont la charnière se montre à l'ouest de la ferme de Bellevarde. Ce pli secondaire se continue au Sud également en se tordant, et il se voit à l'entrée de la cluse de la Boisserette, où les bancs jurassiques dessinent un anticlinal et un synclinal bien conservés.

C'est dans la partie orientale de la plaine de

[1] Une série d'expériences à la fluorescéine, qu'il n'y a pas lieu d'exposer ici, nous ont permis de préciser les causes pouvant amener parfois des abaissements de température.

Digitized by Google

Challes, et du noyau de l'anticlinal secondaire accidentant le synclinal de Bellevarde, qu'émerge la source minérale. De l'examen des matériaux extraits de la cave creusée sous l'établissement, dans le voisinage du point de captage, nous pouvons conclure que ces assises appartiennent au Séquanien (= Zone à *Oppelia tenuilobata*).

En ce point, elles consistent en calcaires compacts, gris foncé, traversés de fines veines de calcite, renfermant des pyrites de fer et des matières bitumineuses. Les calcaires alternent avec des schistes marneux de même teinte.

D'après une coupe relevée en 1876 par le Dr Garrigou, les bancs séquaniens plongent à l'Ouest. Nous ajouterons que, se présentant avec une inclinaison inverse dans le bas du versant montagneux, c'est des *lithoclases* (fentes ou failles) voisines de la charnière du pli que jaillissent les eaux, remontant de l'anticlinal et étant sous pression, par suite de l'altitude plus grande qu'occupe le Séquanien dans le voisinage. Elles ont ainsi effectué un parcours souterrain dans des bancs très contournés, et ont pu se charger d'éléments minéraux. Toutefois, cette circulation ne s'étant effectuée qu'à une profondeur relativement faible, la température est restée celle du milieu ambiant.

Ces eaux ont été remarquablement captées par M. Boutan, d'après les conseils de l'ingénieur François; les divers griffons utilisés se trouvent à environ 6 mètres au-dessous du sol. Ils arrivent dans le fond d'un réservoir, où ils s'accumulent jusqu'à une certaine hauteur, de manière à constituer une réserve constante d'environ 3 mètres cubes. A mesure que l'eau s'élève dans le réservoir, elle s'oppose par son propre poids à l'arrivée des eaux superficielles, ce qui lui permet d'atteindre son maximum de sulfuration. Il est à noter qu'une nappe aquifère (nappe phréatique) existe dans la plaine de Challes, imprégnant les alluvions fluvio-glaciaires superposées aux assises mésozoïques du sous-sol. Les filets d'eau de cette nappe, voisins du point d'émergence, qui auraient pu arriver jusqu'aux calcaires jurassiques n'ont qu'une faible pression. Ils sont ainsi refoulés par les eaux de la profondeur ayant une force ascensionnelle; tout mélange avec les eaux superficielles est ainsi évité. Le débit des eaux de Challes est important : il atteint 4.800 litres par vingt-quatre heures. Les analyses qui en ont été faites par Ossian Henry (1842), Garrigou (1875), et plus récemment par M. Willm, montrent qu'elles sont principalement minéralisées par le soufre, le sodium, l'iode et le brome, ainsi que par de l'acide carbonique libre ou à l'état de bicarbonate. Toutefois, c'est le premier de ces corps qui, à l'état d'acide sulfhydrique et de sulfhydrate de sodium, donne à cette eau sa valeur thérapeutique et en fait l'une des eaux sulfurées les plus riches.

La présence des éléments sulfurés s'explique par la richesse en pyrites des assises traversées, et par un ensemble de réactions bien connues et de même ordre que celles relatées pour les eaux d'Aix-les-Bains : l'oxydation des pyrites produisant du sulfate ferreux et, par double décomposition avec les bicarbonates alcalins de l'eau, du carbonate ferreux et des sulfates de sodium et de calcium.

Ces derniers sont ensuite amenés à l'état d'acide sulfhydrique et de sulfhydrates par les matières hydro-carbonées (éléments bitumineux) que renferment, en ce point, les assises séquaniennes.

IV

Un troisième groupe de sources minérales, dont les plus importantes sont : en Savoie celle de Saint-Simon, et en Haute-Savoie celle d'Evian, renferment des principes alcalins, dont elles se sont enrichies par leur circulation dans les formations quaternaires (terrains pléistocènes). Ces formations consistent en dépôts glaciaires et en alluvions fluvio-glaciaires à éléments rocheux, plus ou moins désagrégés, et provenant des chaînes alpines intérieures. Fréquemment altérées, ces roches cèdent leurs principes solubles avec une certaine facilité et, transformées en sables et graviers, constituent d'excellents filtres donnant aux eaux qui y sont collectées des qualités de pureté absolument remarquables.

Toutefois, il faut noter que, si de nombreuses sources provenant de dépôts de cette nature ne sont que faiblement minéralisées, ou bien ont une minéralisation différente, on doit l'attribuer à ce que les matériaux glaciaires sont constitués, suivant les localités, d'éléments très dissemblables, ces matériaux n'étant pas mélangés comme ceux des cours d'eau.

A la limite des communes d'Aix-les-Bains et de Grésy-sur-Aix, et sur le territoire de la première, au lieu dit *Le Champ des Fontaines*, sourd une eau minérale connue sous le nom d'Eau de Saint-Simon. Les analyses effectuées par plusieurs chimistes et les études de M. le Dr Chaboud ont nettement établi son individualité minérale et ses propriétés médicales.

Au nord-est de la ville d'Aix se développe une moraine glaciaire à éléments alpins : gneiss, micaschistes, granulites, grès houillers, calcaires magnésiens du Trias, calcaires noirs du Lias, roches vertes (serpentines, euphotides). Les couches de cette moraine éminement perméables sont parcourues par des eaux circulant à une certaine profon-

Digitized by Google

deur, et venant émerger dans la plaine de Saint-Simon, après s'être chargées de sels solubles.

Le glacier auquel est due la formation de cette moraine progressait du Sud au Nord, et les roches qu'il a entraînées proviennent des hauts massifs de la Maurienne et de la Tarentaise. La présence de dolomies triasiques et de roches vertes magnésiennes et ferrifères (serpentine) explique la minéralisation des eaux ayant longtemps circulé.

Nous devons ajouter que le sous-sol de la plaine limitée à l'Est par la moraine est formé d'alluvions récentes (limon sableux et graveleux), mesurant environ 3 mètres, et qu'elles sont sus-jacentes à des argiles glaciaires à cailloux striés. Ces argiles vont en augmentant d'épaisseur et en se rapprochant du sol, à mesure que l'on descend vers le centre du thalweg. Elles forment un barrage souterrain aux eaux descendant du versant, leur communiquant ainsi une force ascensionnelle permettant de les isoler facilement de celles n'ayant circulé que dans les couches de la superficie.

Les eaux minérales d'Évian-les-Bains — dont l'origine a donné lieu à des hypothèses fantaisistes, comme celle d'Ebray les rattachant à un système de failles traversant toute la Savoie, ou celle d'un chimiste genevois les attribuant à des cavernes souterraines — doivent être considérées comme s'étant également filtrées et minéralisées dans les formations quaternaires.

En effet, le sous-sol des environs immédiats de cette ville et de la colline la limitant au Sud, des bords du Léman aux premières chaînes chablaisiennes, est constitué par des terrains de transport appartenant aux formations quaternaires (Pléistocène). Ces formations, qui sont d'origine fluviatile, glaciaire ou lacustre, ne forment qu'un « manteau » aux collines elles-mêmes. Elles se superposent aux terrains secondaires appartenant aux étages du Trias et du Lias. Outre les gypses exploités sur la rive gauche de la Dranse, on rencontre des affleurements triasiques à Féterne (gypses de Thièze), à Laringes et à Vinzier, où se montrent des calcaires magnésiens vacuolaires (cargneules). Ces couches se superposent par *renversement* et *charriage* aux grès tertiaires du Flysch et aux bancs molassiques, bancs tendres et délitables, dans lesquels la cuvette du lac de Genève a pu facilement s'établir.

Le glaciaire des environs d'Evian comprend plusieurs nappes *emboîtées* les unes dans les autres, et dont la plus ancienne, formée d'éléments empruntés aux anciens glaciers du Rhône et la Dranse, est la plus élevée. Elle se développe à la partie supérieure de la colline par Féterne, Champange, Laringes, Saint-Paul, Tholon, et se fait remarquer par le nombre et la grosseur des blocs erratiques qui s'y rencontrent. La nappe récente, constituée par des argiles d'une grande épaisseur, sert de lit aux eaux ayant circulé dans les graviers des nappes supérieures.

Les eaux minéralisées doivent leurs principes alcalins à la décomposition et à la kaolinisation des roches feldspathiques si abondantes dans la moraine, leur pureté et leur digestibilité exceptionnelles à leur filtration dans des sables d'origine lacustre, ainsi qu'à la présence, au-dessus de ces derniers, d'une argile également lacustre, qui met les eaux minérales entièrement à l'abri de tout ruissellement superficiel.

V

De ces multiples études, deux faits se dégagent d'une façon incontestable : ce sont les relations de nos sources minérales avec la constitution chimique des terrains et avec les dislocations du sol. Dans les massifs subalpins de la Savoie, ces dislocations sont d'âge relatif récent (postmiocènes) et particulièrement intenses à la limite du Jura et des Alpes; c'est là que se trouvent les plus importantes de nos sources sortant des terrains secondaires. Dans les régions plus intérieures (chaînes intra-alpines), ces sources doivent aussi leur température à un circuit souterrain profond, mais ont des propriétés spéciales qu'elles ont empruntées aux dépôts lagunaires triasiques, riches en éléments solubles. L'action des eaux de la surface sur les minéraux des roches ne saurait être niée. Dans un remarquable travail[1] consacré aux phénomènes de l'*élimination de la chaux par métasomatose dans les roches éruptives basiques de la région du Pelvoux*, M. P Termier écrivait ces lignes qui nous semblent absolument justifiées, et nous serviront de conclusion : « Malgré tout, l'homme est ainsi fait qu'il croit difficilement à l'efficacité des causes lentes, et le rôle géologique de la goutte d'eau de pluie n'est pas de ceux que l'esprit accepte volontiers. Au contraire, le métamorphisme par des eaux d'origine profonde, par des fluides montant de l'intérieur du globe, est séduisant comme toutes les causes occultes, auxquelles on peut, par l'imagination, prêter en quelque sorte une puissance illimitée. » Avec le même auteur, nous ne nierons pas l'existence d'un semblable métamorphisme, mais avec lui nous ajouterons : Qui fera le départ exact entre les actions superficielles et celles d'origine profonde[2]?

J. Révil,
Ancien vice-président
de la Société géologique de France,
Président de la Société d'Histoire naturelle
de Savoie.

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 3e s., t. XXII, p. 165, 1898.
[2] Conférence faite à la Société d'Histoire naturelle de Savoie.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Worms de Romilly (P.). — **Sur les premiers principes des Mathématiques.** — 1 *brochure in-8° de 51 pages.* (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Hermann, éditeur. Paris,* 1908.

C'est un fait scientifique et philosophique des plus remarquables que la transformation opérée, au cours du siècle qui vient de finir et du siècle présent, dans notre façon de concevoir les fondements des sciences : transformation à peine moins profonde et moins curieuse que la révolution opérée dans le domaine des applications pratiques.

Un tel mouvement mérite assurément d'être porté à la connaissance de tous ceux qui s'intéressent aux choses de l'esprit.

On ne peut donc que trouver des plus utiles l'œuvre qu'a entreprise M. Worms de Romilly en résumant, dans un court et substantiel exposé, la partie de ce grand travail qui concerne les Mathématiques.

Tout au plus pourrait-on lui objecter que cinquante pages, c'est bien peu pour traiter, devant un public qu'il y a lieu de présumer très ignorant, de problèmes aussi subtils que la nature des principes mathématiques, depuis l'Arithmétique jusqu'à la Mécanique rationnelle.

M. Worms de Romilly a, en effet, tenu à être complet. Sa tentative était, dans ces conditions, singulièrement hardie. Ce qui tend à la rendre téméraire, c'est que l'auteur ne s'est même pas accordé la place d'un préambule, d'une introduction où les termes des problèmes qu'il aborde soient correctement et soigneusement posés. A aucun moment ne sont formulées, ni surtout réunies des indications sur les qualités qu'on doit demander aux théories mises en avant.

Nul sujet, cependant, où de telles explications soient plus nécessaires, et cela pour les notions qui seraient les plus simples et les plus nettes partout ailleurs. Je ne doute pas que beaucoup de lecteurs ne croient, à première vue, comprendre parfaitement les mots « absolument vrai » (p. 6, ligne 8) ; « réalité et exactitude » de la Géométrie usuelle (p. 18, ligne 16) ; « impossibilité » de l'espace à quatre dimensions (p. 33, ligne 9), etc. Mais je crois que ceux d'entre eux qui savent réfléchir trouveront, à un second examen, le sens de ces mots moins clair, non seulement qu'ils ne l'auront cru tout d'abord, mais même qu'il ne le faudrait pour l'intelligence du texte.

Ce qui cesse surtout d'apparaître dans ces conditions, c'est le rôle des définitions. Certains passages sont même bien troublants et ont, je le crains, de grandes chances d'égarer le lecteur à ce point de vue. Tel est l'alinéa que l'auteur consacre au principe de l'induction complète. Il n'est plus permis aujourd'hui de discuter au sujet de l'évidence de ce principe sans rappeler — les logisticiens[1] ont insisté avec juste raison sur ce point — qu'il fait partie de la définition des nombres entiers finis.

De même, en ce qui regarde l'exemple de Géométrie non euclidienne indiqué par M. Poincaré. L'auteur fera bien, s'il donne une deuxième édition de sa brochure, de ne pas écarter aussi rapidement cet exemple et d'avertir, au contraire, que l'expression de « figure invariable » a besoin, comme toute autre notion, d'être définie, et que l'exemple de M. Poincaré ramène à cette définition toute la question du Postulatum d'Euclide.

Mais, si M. Worms de Romilly ne peut être assuré de faire comprendre à tous (était-ce possible, après tout?) les polémiques soulevées par les principes des Mathématiques et les solutions proposées, il aura, en tout cas, montré l'existence de ces polémiques et de ces solutions. Puisse le doute méthodique où il les aura mis être, pour nombre de ses lecteurs, le commencement de la sagesse.

JACQUES HADAMARD,
Professeur-adjoint à la Sorbonne,
Professeur-suppléant au Collège de France.

Frois (Marcel), *Ingénieur civil des Mines, Inspecteur du Travail dans l'Industrie.* — **Captage, évacuation et utilisation des poussières industrielles.** — 1 *vol. in-8° de 326 p. avec 160 fig.* (*Prix* : 10 *fr.*) *Société d'éditions techniques. Paris,* 1908.

La question des poussières est de la plus haute importance au point de vue de l'hygiène dans la plupart des industries manufacturières et, en même temps, au point de vue de la sécurité dans certaines d'entre elles, des plus importantes, telles que l'exploitation des mines, la meunerie, la sucrerie, où des accumulations de poussières de charbon, de farine ou de sucre peuvent occasionner des désastres par les explosions qu'elles provoquent. Il n'y a pas lieu de s'étonner que l'étude de cette question extrêmement complexe ait donné lieu à la création d'une foule d'appareils et de dispositifs destinés à se débarrasser des poussières, et même à les utiliser : il s'est ainsi formé une branche nouvelle de la technologie industrielle, dont l'ouvrage de M. Marcel Frois nous présente un traité général très clair et des plus intéressants.

Après l'exposé d'une théorie élémentaire de l'enlèvement des poussières par aspiration et refoulement, l'auteur passe en revue les dispositions particulières prises, dans un grand nombre d'industries, pour réaliser cet enlèvement sans nuire au fonctionnement de leurs machines et appareils, à l'aide des ventilateurs, filtres, collecteurs... les plus usités, dont la description fait l'objet d'un chapitre spécial. Ce sont : les mines et les industries annexes (chapitre trop écourté), le, industries de l'alimentation (meunerie, sucrerie, élévateurs à grains), les industries chimiques (céruses minium, phosphates), la papeterie, avec le triage des chiffons et le nettoyage des vieux papiers, l'industrie du livre (imprimerie et nettoyage des cases, fonderies de caractères, avec ses intoxications saturnines), l'industrie textile (lin, chanvre, laines, tissages), et celle du vêtement (feutres, blanchisseries...).

Viennent ensuite le travail des crins et des soies, du cuir et des peaux, des chaussures, du bois, de l'os, de la nacre, du celluloïd, particulièrement dangereux, et les industries métallurgiques (usines à plomb, étameries), le travail des métaux (meulage, ébarbage, sableuses, émaillage), avec les dispositifs de récupération des poussières dans le travail des métaux précieux, le travail des pierres et les industries céramiques (chaux, ciments...).

Cet énoncé des matières traitées dans l'ouvrage de M. Frois suffira, je crois, pour en faire comprendre tout l'intérêt, et l'utilité qu'il présente pour les industriels soucieux de la santé de leurs ouvriers et de leur propre sécurité.

G. R.

[1] Est-il besoin, après les observations qui précèdent, de dire que le paragraphe consacré à la Logistique aurait dû, à notre avis, figurer dès le commencement, et non au dernier tiers de l'ouvrage?

Digitized by Google

2° Sciences physiques

Liebenthal (Emil), *Professeur au Physikalisch-technische Reichsanstalt de Charlottenburg.* — **Praktische Photometrie.** — 1 *vol. in-8° de 444 pages avec 201 fig.* (*Prix relié* : 25 *fr.*) *F. Vieweg und Sohn, éditeurs. Braunschweig*, 1908.

La photométrie a pris une très grande importance depuis quelques années, et les ouvrages consacrés à cette branche de la science ne sont guère au courant des progrès récents. Aussi le livre de M. E. Liebenthal arrive-t-il fort à propos.

L'auteur a essayé d'y donner un exposé vraiment complet de la mesure des sources lumineuses. Après avoir rappelé les lois du rayonnement, il examine l'action physiologique des rayons lumineux sur l'œil, organe qui va servir de mesureur de cette forme de l'énergie, et il indique les grandes lois de la photométrie, dues à Lambert.

La nécessité d'une unité d'intensité lumineuse étant posée, M. Liebenthal passe en revue les divers types d'appareils qui ont été employés pour réaliser les différentes unités (lampes à flamme et lampes à incandescence), puis donne un tableau des essais comparatifs de ces appareils.

L'auteur décrit en troisième lieu les photomètres proposés pour servir à la mesure relative des intensités lumineuses, et dont les plus nombreux sont basés sur la loi des distances. Deux chapitres spéciaux sont réservés à la photométrie des sources lumineuses de colorations différentes et à la photométrie spectrale.

Le reste de l'ouvrage est consacré à la détermination de l'éclairage moyen, de la répartition de la lumière et du mode de disposition des sources pour obtenir un éclairage donné.

M. Liebenthal n'a laissé de côté aucune des questions qui se rattachent à la photométrie. Par ses fonctions à l'Institut impérial de Charlottenburg, il est au courant à la fois des recherches scientifiques et des besoins de la pratique dans ce domaine, et les deux côtés du problème l'ont également préoccupé. Son ouvrage porte la marque de ces deux courants et il sera également bien accueilli par les physiciens et par les ingénieurs.

L. Brunet.

Bourrey (Georges) et **Marquet** (Eugène), *Ingénieurs-chimistes au Laboratoire d'essais des Chemins de fer de l'Etat.* — **Traité d'Analyse chimique industrielle, commerciale, agricole,** *précédé de préfaces par* MM. Matignon, Lindet et Guillet. — 1 *vol. in-8 de 970 pages, avec 184 figures et 52 photogrammes.* (*Prix : 20 fr.*) *Doin, éditeur. Paris*, 1908.

Ce traité d'analyse embrasse toutes les branches de la Chimie industrielle minérale et organique : les eaux, les gaz, les combustibles, les métaux, les produits de la grande industrie chimique, les chaux, les produits céramiques et les verres, les terres et les engrais, les matières grasses, les savons et les bougies, les boissons alcooliques, les produits alimentaires (sucres, sirops, confitures, miel, farines, pâtes et patisseries; lait et fromages; cafés, chicorée, thés, chocolat, etc.), les matières textiles, les cuirs et les colles, les caoutchoucs, les matières colorantes, les parfums, les produits pharmaceutiques, les explosifs, les urines, etc.

Pour mener à bien un programme de cette ampleur, il faut avoir une longue expérience du laboratoire. Même s'il s'agit de faire un ouvrage de compilation, une grande pratique est indispensable et permet seule de développer un sens critique suffisant pour juger de la valeur d'une méthode.

Le présent ouvrage n'est malheureusement pas marqué au coin d'un commerce fréquent et prolongé avec le laboratoire, car le choix des méthodes n'est pas toujours heureux et conduit quelquefois à de graves erreurs. Ainsi : le dosage du plomb dans un zinc s'effectue en dissolvant 40 grammes de ce métal dans de l'acide sulfurique étendu ; le plomb reste insoluble. Cette méthode est bien connue, mais ce qui l'est moins, c'est l'interprétation qu'en donnent les auteurs : « Le résidu insoluble (dans l'acide sulfurique) contient les *sulfates* de plomb et de cadmium. » Une *seule* analyse de zinc effectuée par eux aurait suffi pour leur faire voir que ce résidu est du plomb *métallique*.

La quantité de matière prise pour l'analyse n'est pas toujours en rapport avec l'approximation désirée pour le dosage des éléments. En prenant 40 grammes pour doser le plomb dans un zinc, les auteurs sont plutôt généreux, ce qui n'est pas un mal. Ailleurs, pour le dosage de l'aluminium dans un aluminium industriel, ils ne prennent que 0 gr. 2 de métal. Si l'on considère que ces 0 gr. 2 de métal subissent de nombreuses manipulations, on peut compter facilement sur une erreur de 1 à 2 milligrammes, ce qui correspond à une erreur de 1/2 à 1 °/₀ sur la teneur en aluminium ; cette teneur, dans ces conditions, n'a plus aucune valeur. Pour l'analyse des impuretés du plomb, les auteurs sont plus prodigues : ils prennent 200 grammes du métal, le dissolvent dans l'acide nitrique et, après avoir éliminé l'antimoine, ils précipitent la totalité du plomb à l'état de sulfate. Ils admettent, alors, avec l'inventeur de cette déplorable méthode, que les impuretés se retrouvent en totalité dans le liquide clair, alors qu'en réalité le sulfate de plomb en retient la plus grande partie, si nombreux que soient les lavages.

Les auteurs ne craignent pas de fondre de la cassitérite avec du soufre et du carbonate de soude dans un creuset de *platine* !

Dans une méthode, dite *rapide*, pour le dosage de l'aluminium, on attaque l'aluminium par de l'acide chlorhydrique et l'on admet que le résidu est constitué par la totalité du cuivre, du carbone et du silicium, alors qu'en réalité le silicium et le carbone se sont volatilisés, au moins en partie, à l'état de combinaisons hydrogénées.

Dans les fers et aciers, une des méthodes indiquées pour le dosage du soufre consiste à précipiter ce métalloïde par le chlorure de baryum après dissolution du métal. Le précipité, filtré et lavé, est considéré comme du sulfate de baryte pur, alors qu'en réalité on a affaire à un ferro-sulfate de baryte reconnaissable à sa couleur *rouge* !

Le dosage de l'acide urique dans les urines se fait par la précipitation de cet acide par l'acide chlorhydrique : on sait les nombreuses causes d'erreur attachées à cette ancienne méthode. Pourquoi ne pas citer des méthodes beaucoup plus précises et plus récentes, comme celle de Haycraft-Hermann par exemple ?

Le livre, d'ailleurs, n'est pas toujours au point : Les auteurs me font l'honneur de citer mes méthodes d'analyse du cuivre et de ses alliages parues dans les *Comptes rendus* il y a plus de dix ans ; pourquoi ne donnent-ils pas plutôt ces méthodes telles que je les ai perfectionnées en 1900 d'abord, puis en 1906 ? Parce qu'ils ont trouvé plus commode de les copier dans le Manuel de Campredon, avec une fidélité qui va jusqu'à en reproduire les fautes d'impression.

A part ces réserves, le livre contient un certain nombre de renseignements utiles, surtout dans les spécialités, en particulier dans la *métallographie microscopique*, qui est traitée avec une réelle compétence par M. Victor Bernard, attaché au laboratoire de M. Léon Guillet.

Nous espérons que, dans une seconde édition, les auteurs, ayant acquis plus de maturité, corrigeront les quelques erreurs fâcheuses de la première, et nous donneront un traité d'Analyse qu'on pourra louer sans réserve.

A. Hollard,
Docteur ès Sciences,
Chef du Laboratoire central
des Usines de la Cie Française des Métaux.

Digitized by Google

3° Sciences naturelles

Villeneuve (L. de), **Boule** (M.) et **Verneau** (R.). — **Les grottes de Grimaldi** (**Baoussé-Roussé**). 3 *vol. in-4° déjà parus.* — T. I, *fasc.* 1 : **Historique et Description**, *par le chanoine* L. DE VILLENEUVE ; *fasc.* 2 : **Géologie et Paléontologie**, *par* M. MARCELLIN BOULE, *Professeur au Muséum*, 156 *pages, fronstip. et* 13 *planches* — T. II, *fasc.* 1 : **Anthropologie**, *par* M. le Dr R. VERNEAU. — 3 *vol.* 212 *pages avec figures et* 11 *planches. Monaco*, 1906-1908.

Les grottes de Grimaldi, appelées jadis grottes de Menton ou des Baoussé-Roussé (corruption, en patois local, des mots italiens *Balzi rossi* « falaises rouges »), sont connues de tous ceux qui se sont occupés tant soit peu du Préhistorique. Situées entre Menton et Vintimiglia, sur le territoire italien, mais à quelques pas de la frontière française, elles ont été explorées scientifiquement depuis 1858, époque à laquelle F. Forel, de Genève, y pratiqua les premières fouilles scientifiques, assez limitées. Mais c'est le Dr Rivière que l'on doit considérer comme le véritable fondateur des fouilles dans presque toutes les grottes. Son grand ouvrage, contenant les résultats de ces fouilles, a établi la renommée des grottes, et ses nombreuses publications dans les revues savantes ou de vulgarisation les firent connaître au grand public. Malgré l'activité déployée par ce savant pendant plus de dix ans (1870-1883), malgré aussi les fouilles de MM. Julien et Abbo, qui ont mis à jour des squelettes humains, toutes les grottes n'étaient pas encore explorées à fond; certaines restaient même intactes, et ce qui manquait surtout c'est l'étude rigoureuse, minutieuse, méthodique et complète au moins d'une seule grotte C'est dans cette intention que S. A. S. le Prince Albert de Monaco, alors prince-héritier, fit acquisition, en 1882, d'une grotte, encore presque intacte, et obtint le droit d'explorer les grottes voisines, déjà remuées. Il y commença des fouilles régulières avec l'aide du chanoine de Villeneuve. Plus tard, il s'assura la collaboration de spécialistes connus, MM. Boule, Verneau et Cartailhac, pour étudier respectivement la stratigraphie des grottes, les ossements des animaux, les squelettes humains et les outils et objets préhistoriques qu'on y a trouvés. Les volumes dont je viens plus haut de transcrire les titres contiennent les résultats des recherches de ces savants[1].

Les grottes de Grimaldi, creusées dans les rochers jurassiques des Baoussé-Roussé, formant promontoire, commencent au delà du ravin de Saint-Louis Perez qui constitue, sur la côte d'Azur, la frontière franco-italienne. Elles sont au nombre de sept, et portent les noms suivants en allant de l'ouest à l'est (c'est-à-dire de Menton vers Vintimiglia)[2] : 1. Grotte des Enfants, ainsi nommée parce qu'on y a trouvé des squelettes d'enfants; 2. Abri Lorenzi ; 3. Grotte de Florestan; 4. Grotte de Cavillon (de la Cheville); 5. Barma Grande; 6. Barma di Baousso del Torre ; 7. Grotte du Prince. Celle-ci est une des plus grandes : elle ne mesure pas moins de 34 mètres de profondeur et 21 mètres de hauteur sur 16 mètres de largeur à l'entrée. Les grottes 5 et 6 se trouvent dans le promontoire très avancé dans la mer qui a été exploité comme carrière ; elles ont été détruites, la seconde complètement, la première en grande partie. Les quatre premières grottes se trouvent à l'ouest de ce promontoire et la septième à l'est. Les premières ont été fouillées par Rivière et autres préhistoriens; la septième, encore intacte, a été explorée, fouillée méthodiquement et décrite avec loin dans son intégrité par les savants déjà nommés, groupés autour du grand ami de la science qu'est le prince de Monaco. De plus, ces savants ont fouillé de nouveau, et dans les mêmes conditions rigoureuses, d'autres grottes, notamment celles de Cavillon et des Enfants. Cette dernière a fourni quatre squelettes humains à trois niveaux différents. Les squelettes humains, les ossements d'animaux, les objets préhistoriques, trouvés précédemment et conservés dans différents musées, ont été aussi mis à contribution, surtout comme pièces de comparaison avec la belle collection qui résulte des fouilles et qui forme aujourd'hui un musée spécial dans un vaste bâtiment élevé par le Prince à Monaco, non loin de son Musée Océanographique.

Tels sont, très brièvement résumés, l'historique et la description générale des grottes, si bien faits par le chanoine de Villeneuve. Voyons maintenant leur aspect géologique et paléontologique, présenté de main de maître par M. Boule. La grotte du Prince était remplie presque entièrement par des matériaux provenant soit de la destruction des parois de cette grotte, soit des dépôts qui y ont pénétré directement par les fentes ou qui y ont été apportés par les eaux souterraines ou superficielles. Ces matériaux de remplissage sont nettement stratifiés et offrent la succession de neuf couches de terrains divers. Entre la plupart de ces couches s'en trouvent cinq autres, formées de cendres et de charbons, avec un peu de terre noirâtre, qui constituent les *foyers*, et sont les apports résultant du séjour de l'homme dans la grotte. C'est dans ces couches, épaisses d'ordinaire de 20 à 40 centimètres, qu'ont été trouvés la plus grande partie des ossements d'animaux et presque tous les produits de l'industrie humaine. Les couches de terre caillouteuse ou argileuse qui les séparent sont stériles et ne contiennent que des coprolithes ou quelques ossements accidentels.

Le plancher de la grotte est formé par les assises cénomaniennes du terrain crétacé. Immédiatement sur ces assises, on trouve un dépôt marin à propos duquel M. Boule donne une étude fort intéressante dans la 2e section de son Mémoire, consacrée à la Paléogéographie non seulement de la région de la grotte, mais de tout le littoral ligure (côte d'Azur et Riviera) et même de la Méditerranée tout entière[1]. Ce n'est qu'au-dessus de ce dépôt, épais de 1m,50 à 2 mètres, que commencent les neuf couches d'origine subéolienne et qui appartiennent toutes (sauf peut-être la dernière, la plus superficielle) à l'époque quaternaire. On y distingue nettement deux groupes : 1° Les trois couches de la base, avec les foyers qui s'y rapportent (et que l'on désigne dans l'ouvrage et sur la partie du terrain qui reste actuellement comme témoin près du flanc oriental de la grotte, en allant de bas en haut, couches 1 à 5 et foyers E, D et C), offrent une faune du Quaternaire inférieur. Ce sont des animaux des climats chauds : *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merckl*, Hippopotame, Ours des cavernes, une espèce de cheval très voisine de l'*Equus Stenonis* du Pliocène, etc.); ce n'est que dans le foyer C qu'on signale des Campagnols (*Arvicola*) comme représentant des faunes des pays froids. 2° Les couches supérieures (6 à 9), avec les foyers subordonnés (B et A), présentent, au contraire, la faune du Quaternaire moyen, caractérisée surtout par la

[1] Le volume de M. de Cartailhac sur les objets préhistoriques, qui doit constituer le fascicule 2 du volume II, n'a pas encore paru; il en est de même du volume III, qui contiendra la description détaillée des fossiles par M. Boule.

[2] Les numéros d'ordre sont ceux de M. Rivière, conservés par les auteurs des ouvrages analysés.

[1] La place me manque pour donner l'analyse détaillée de cette section. Il faut noter cependant que M. Boule a constaté sur les parois de la grotte du Prince, à 23 mètres d'altitude, un encorbellement dû à l'action des vagues et au-dessus duquel la roche est perforée par les mollusques lithodomes (*Lithodoma lithophagus*), dont les coquilles se trouvent encore dans les trous. La comparaison de cette couche avec la couche voisine, située à 11 mètres plus bas et contenant des coquilles d'eaux plus chaudes que celles de la Méditerranée actuelle (par exemple le *Strombus bubonicus*), permettent d'établir, combinée avec d'autres faits, trois phases d'émersion et deux d'immersion du littoral méditerranéen, qui se sont produites du Pliocène supérieur jusqu'au Quaternaire moyen, et qui semblent avoir le même rythme que les périodes glaciaires et inter-glaciaires de ces époques.

Digitized by Google

présence des animaux des pays froids. On n'a trouvé, il est vrai, dans cette couche qu'un seul fragment de défense d'éléphant, que l'on peut, avec doute, attribuer à l'*E. primigenius*; mais, par contre, on y a rencontré de nombreux restes de rennes et de marmottes, au milieu des espèces communes avec celles des couches précédentes. La grotte paraît avoir été inoccupée par l'homme vers la fin de la première période et au début de la seconde, car on ne trouve dans les couches 4, 5 et 6 que les coprolithes et les ossements des animaux carnassiers : Hyène, Ours des cavernes, *Felix pardus*, *F. lynx*, etc. La constatation de l'existence des deux faunes, chaude et froide, sur la côte d'Azur est très importante, car elle tend à généraliser pour le reste de l'Europe un fait géologique que l'on a cru longtemps localisé dans les régions septentrionales et centrales de notre continent.

Les restes de l'industrie humaine trouvés dans la grotte du Prince sont surtout des outils taillés en quartzites dans les couches inférieures, en silex dans les couches supérieures, mais tous du type *moustiérien*. La présence de ces éclats de silex, taillés d'un seul côté, dans les couches inférieures, qui d'ordinaire sont caractérisées par la présence des outils du type *chelléen* (blocs taillés de deux côtés), est assez intéressante à noter. Aucun outil chelléen n'a été trouvé dans la grotte. Il faut conclure que le type moustiérien est peut-être aussi vieux, sinon plus vieux, que celui de Chelles et qu'il a pu exister dans le Midi pendant qu'il était encore ignoré dans le Nord.

On n'a pas trouvé d'ossements humains dans la grotte du Prince; mais, par contre, on en a exhumé plusieurs dans la grotte des Enfants, dont la stratigraphie est donnée en détail par M. Boule. Il faut en retenir ce fait que les dépôts de cette grotte sont plus récents que ceux de la grotte du Prince; on doit les rapporter au Quaternaire moyen et supérieur.

M. Verneau a étudié avec beaucoup de soin les squelettes de la grotte des Enfants, ainsi que ceux trouvés dans d'autres grottes; voici comment on peut résumer les résultats de ses études, consignés dans le deuxième volume de la publication du prince de Monaco.

Quatre squelettes ont été mis à jour par les fouilles de M. de Villeneuve, en partie en présence de M. Cartailhac. Les «deux premiers, les plus inférieurs, gisaient ensemble à 7m,75 de profondeur, dans une couche dans laquelle on a trouvé des ossements de l'Hyène des cavernes, du Lion des cavernes, d'un Castor géant, etc., » et qui reposait, dit M. Boule (cité par M. Verneau, p. 17 de son Mémoire), « sur des dépôts où l'on a trouvé des molaires du *Rhinoceros Merckí* »; ils sont donc très probablement de la base du Quaternaire moyen. Le troisième squelette était placé à 60 centimètres au-dessus des premiers, accompagné des mêmes Mammifères, plus les ossements d'une marmotte qui indiqueraient une faune un peu plus froide, peut-être de la fin du Quaternaire moyen. Le quatrième squelette gisait beaucoup plus haut, à 6 mètres au dessus des premiers, « dans des couches qui ne renferment plus les grands fauves des niveaux inférieurs ».

La détermination de l'âge des squelettes des autres grottes, exhumés précédemment par MM. Rivière, Julien et M. Abbo, est plus difficile, car ces explorateurs n'ont pas noté soigneusement les couches où gisaient leurs squelettes, ni décrit en détail les faunes qui les accompagnaient. M. Verneau pense que les squelettes exhumés par M. Rivière dans la grotte des Enfants (n° 1), à 7 mètres de profondeur, sont probablement contemporains de ceux qu'il a décrits, et qui proviennent de la même profondeur, car leur structure anatomique ainsi que leur mobilier funéraire offrent des analogies frappantes. Quant aux squelettes d'Abbo, exhumés dans la grotte de Barma Grande (n° 5), ils paraissent être plus récents. D'après M. Verneau, « on pourrait les placer entre la sépulture trouvée dans la grotte des Enfants à 1m,90 de profondeur et celle trouvée à 7 mètres », c'est-à-dire les rapporter au Quaternaire supérieur.

Il faut remarquer qu'on a beaucoup discuté sur l'âge des premiers squelettes trouvés dans les grottes de Baoussé-Roussé. La plupart ont été ensevelis dans des tombes, et ce fait, inconnu jusqu'alors pour les squelettes quaternaires, ainsi que les quelques objets trouvés dans des conditions cependant discutables, ont fait admettre à plusieurs savants que ces squelettes dataient de l'époque néolithique, ou tout au plus de l'époque intermédiaire entre la fin du Quaternaire et le début de l'époque néolithique. M. Verneau lui-même partageait jadis cette manière de voir. Mais aujourd'hui, après les fouilles méthodiques et des déterminations stratigraphiques plus rigoureuses, il a changé d'avis, et admet que tous les squelettes trouvés dans la grotte des Enfants, et même ceux des autres grottes, sont indubitablement quaternaires.

D'après mes relevés, on a trouvé en tout 15 squelettes, plus ou moins complets, dans les grottes de Grimaldi : 6 dans la grotte des Enfants (2 squelettes d'enfants, trouvés par Rivière, aujourd'hui au Musée de l'Institut catholique et dont je ne connais pas de description; 4 exhumés par de Villeneuve et décrits par Verneau : 1 homme, 2 femmes et 1 adolescent, aujourd'hui au Musée anthropologique de Monaco); 1 dans la grotte de Cavillon (c'est « l'homme de Menton », aujourd'hui au Muséum d'Histoire naturelle, trouvé et décrit par Rivière); 6 dans la grotte Barma Grande (dont un squelette d'homme trouvé par Jullien et décrit par Verneau, aujourd'hui au Musée de Menton, et 5 autres, trouvés par Abbo, aujourd'hui au Musée Hambury, à l'entrée même de la grotte, et au Musée de Monaco : 2 hommes, 1 femme et 1 adolescent, plus un squelette d'homme calciné, le tout décrit par Rivière et Verneau); enfin, 2 dans la grotte de Barma de Baousso de Torre (hommes trouvés par Rivière, décrits par celui-ci et par Verneau, et dont j'ignore le lieu actuel de conservation).

En ce qui concerne l'ensevelissement des morts, il y a plusieurs modes de sépulture : inhumés parfois sur un foyer ancien à une faible profondeur, les cadavres étaient déposés d'autres fois dans de véritables fosses. Ces fosses étaient remplacées quelquefois par une sorte de tombe rudimentaire, formée de pierres plantées debout; de plus, dans certains cas, ces pierres étaient surmontées d'autres, posées horizontalement de façon à former des sortes de cistes incomplètes, destinées à n'abriter qu'une partie du cadavre. Aucune règle ne présidait à l'orientation du corps ni à l'attitude qu'on donnait au cadavre. Les ornements, couronnes, colliers, bracelets et pendeloques en coquilles (surtout *Nassa*), dents de cerfs, vertèbres de poissons, ont été trouvés sur les cadavres des hommes et des femmes indistinctement; les enfants n'avaient que des pagnes garnis de coquillages. Des objets (couteaux en silex, poinçons en os, plaques de grès) gisaient près des cadavres. Les ornements et le mobilier funéraire, relativement pauvres dans les grottes des Enfants et de Cavillon, sont beaucoup plus riches dans celles de Barma Grande et de Barma de Baousso de Torre. La présence d'un squelette carbonisé et calciné dans la grotte de Barma Grande fait supposer à M. Verneau que l'incinération devait se pratiquer, mais beaucoup plus rarement que l'inhumation. Plusieurs cadavres sont ensevelis au milieu d'une couche de fer oligiste (que l'on trouve au voisinage), qui a coloré en rouge les objets de parure et les squelettes; mais, contrairement à ce que pense M. Cartailhac, « les cadavres n'étaient pas décharnés avant de recevoir la sépulture », dit M. Verneau.

La variété des modes de sépulture, des ornements et des rites funéraires que l'on rencontre sur un espace si restreint est encore à expliquer.

Au point de vue somatologique, il ressort des longues et minutieuses descriptions de M. Verneau que tous les squelettes, sauf deux (la vieille femme et l'adolescent de la grotte des Enfants), trouvés dans les couches les plus anciennes, et un troisième (femme

Digitized by Google

de la couche la plus supérieure de la grotte des Enfants) appartiennent à la race ou à des variations de la race dite de Cro-Magnon. La taille, déterminée d'après les différents os longs des cinq sujets par la méthode de Manouvrier, est de 1m,82 ou même de 1m,87, si l'on tient compte de l'augmentation de 5 centimètres que M. Verneau croit devoir faire subir, pour les grandes tailles, aux chiffres calculés d'après cette méthode. On voit que la taille de ces sujets dépasse celle du fameux vieillard de Cro-Magnon, qui ne devait pas avoir plus de 1m,78 comme stature. Le crâne est dolichocéphale : l'indice céphalique (72.2) n'a pu, il est vrai, être déterminé avec sûreté que sur un crâne ; sur les sept autres crânes, il est douteux, vu la déformation posthume qu'ils ont subie par suite de la pression des terrains et des pierres sépulcrales ; leur aspect général est toutefois celui des crânes de Cro-Magnon. Ils sont en même temps très volumineux et disharmonieux, ayant la face courte et large (l'indice facial, déterminé avec doute et sur 4 crânes seulement, varie de 63,2 à 69,2, chiffres voisins de celui du crâne-type de Cro-Magnon : 63,4) ; les orbites sont très basses et le nez allongé, comme chez le vieillard de Cro-Magnon ; mais la proéminence des bosses pariétales, donnant au crâne de Cro-Magnon son aspect caractéristique, a disparu ; il n'y a plus trace aussi de la proéminence occipitale. Dans les proportions du corps, il faut noter la longueur très considérable de l'avant-bras par rapport au bras et du membre inférieur par rapport au corps entier.

Les deux squelettes des couches les plus anciennes de la grotte des Enfants diffèrent des précédents. La taille est beaucoup moins élevée (1m,59 chez la femme et 1m,56 chez l'adolescent) que dans le type de Cro-Magnon (environ 1m,65 chez la femme comme chez l'adolescent de la grotte de Barma Grande). Les proportions des membres exagèrent encore plus que dans la race de Cro-Magnon la longueur relative de l'avant-bras et du membre inférieur. Quant aux crânes, tout en étant aussi volumineux et disharmonieux que ceux de Cro-Magnon, ils sont plus dolichocéphales (indice céphalique 69,3) et ont les orbites un peu moins basses que ces derniers. De plus, ils offrent trois caractères spéciaux : prognathisme très accentué de la mâchoire supérieure, joint au menton fuyant; nez très large, avec le bord inférieur de l'ouverture piriforme très émoussé, se prolongeant en gouttière ; et, enfin, dents très volumineuses. Ces trois caractères ont paru suffisants à M. Verneau pour constituer une nouvelle race dite *Négroïde* ou de *Grimaldi*, dont il signale l'existence atavique sur les crânes néolithiques en Bretagne, en Suisse, en Italie, et même parmi les populations actuelles du nord-ouest du Piémont.

J. Deniker,
Docteur ès sciences,
Bibliothécaire du Muséum National d'Histoire naturelle.

4° Sciences médicales

Linossier (G.), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Lyon, Membre correspondant de l'Académie de Médecine.* — **Hygiène du Dyspeptique.** 2e édition. — 1 *vol. de* XIII-416 *pages.* (*Prix : 4 fr.*) *Masson et Cie, éditeurs. Paris,* 1908.

Dans toute dyspepsie, on rencontre une réaction nerveuse, et dans presque toutes un trouble digestif; l'expérience enseigne qu'il n'y a pas de rapport nécessaire entre la souffrance et le trouble fonctionnel ; en sorte que certains auteurs, et des plus éminents, n'ont voulu voir dans la dyspepsie qu'une névropathie et, plus précisément, une «hyperesthésie du plexus-solaire», et la sanction thérapeutique leur a été le plus souvent favorable ; toutefois, il est des troubles fonctionnels, tels ceux des ptosiques ou de certains hyperchlorhydriques, qu'une thérapeutique purement nerveuse est impuissante à soulager.

Des précautions hygiéniques recommandables contre la dyspepsie, les unes donc sont applicables à tous les dyspeptiques et constituent l'*hygiène générale de la digestion*, à laquelle les gens bien portants même auraient avantage à se soumettre; les autres sont dirigées contre les anomalies particulières de la digestion et constituent l'*hygiène spéciale aux divers troubles digestifs.*

Ces deux parties ont été traitées dans un sens résolument pratique par un clinicien sagace et consciencieux, dont on ne saurait assez estimer la compétence.

Dr Alfred Martinet.

Coreil (F.), *Directeur du Bureau municipal d'Hygiène de Toulon*, et **Nicolas** (L.), *Chef de Bureau à la Préfecture du Var.* — **Les Industries insalubres.** — 1 *vol. in-8° de* 778 *pages.* (*Prix : 15 fr.*) *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Paris,* 1908.

Chaque jour voit s'accroître le nombre et la nature des industries. Mais cette progression se fait généralement au détriment de la salubrité publique, car on peut poser en principe que toute industrie a ses inconvénients, ses causes d'insalubrité, ses dangers. Ils atteignent directement les ouvriers occupés dans ces industries et constituent un inconvénient pour les voisins. Il a donc fallu défendre les uns et les autres contre la nocivité, les désagréments et les dangers de ces industries, et c'est ainsi qu'est née toute une législation dont l'origine remonte au décret du 15 octobre 1810.

L'Administration dispose de moyens d'information qui lui permettent de déterminer, en connaissance de cause, les conditions d'exploitation nécessaires. Les seules difficultés qui se présentent, pour les divers services compétents comme pour les industriels, résultent de ce que les dispositions législatives et les prescriptions sanitaires particulières à chaque établissement n'ont pas encore été groupées. De là des recherches laborieuses et une perte de temps toujours préjudiciable.

C'est pourquoi MM. Coreil et Nicolas ont cru faire œuvre utile en résumant dans un ouvrage tous les documents et renseignements relatifs aux établissements régis par cette législation et désignés sous le nom d'établissements classés.

Les deux premières parties de ce livre sont consacrées à l'historique de la législation en vigueur. Dans la troisième se trouvent étudiés les inconvénients des industries insalubres et les moyens de s'en préserver. La quatrième s'occupe de la réglementation de ces établissements. Les deux dernières parties traitent des principales industries insalubres et des dispositions législatives concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

Dr R. Rosset.

5° Sciences diverses

Saladin (Henri), *Architecte S. A. D. G., Membre de la Commission archéologique de l'Afrique du Nord.* — **Tunis et Kairouan.** — 1 *vol. de la collection des Villes d'Art célèbres. H. Laurens, éditeur. Paris,* 1908.

M. Henri Saladin connaît l'Afrique du Nord, et surtout il l'aime. Nul n'était plus qualifié que l'auteur du *Manuel d'Art musulman* pour écrire cette belle monographie de Tunis et de Kairouan. Elle est bien faite pour attirer dans ces deux villes les touristes d'esprit cultivé, et pour permettre à ceux qui les ont déjà vues de revivre leurs souvenirs. C'est un nouveau service que M. Saladin a rendu à l'art musulman, en publiant cette substantielle étude, éditée avec le soin qui caractérise la *Collection des Villes d'Art célèbres.*

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 21 Septembre 1908.

M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. D. Clos, Correspondant de l'Académie pour la Section de Botanique.

1° Sciences mathématiques. — M. G. Darboux poursuit ses recherches sur la détermination des systèmes triples orthogonaux qui comprennent une famille de cyclides et, plus généralement, une famille de surfaces à lignes de courbure planes dans les deux systèmes. — M. E. Nœrlund communique ses travaux sur les différences réciproques, fonctions introduites par M. Thiele et qui peuvent rendre des services dans la théorie des fractions continues. — M. C. Stœrmer développe les équations différentielles des trajectoires des corpuscules électrisés dans un champ magnétique sous une forme particulière, rappelant les équations canoniques de la Mécanique. — M. L. Maillard décrit une expérience de cours manifestant l'effet de la composante horizontale de la rotation diurne de la Terre sur les corps en mouvement. Un corps soustrait à l'action de la pesanteur et entraîné suivant la verticale subit une déviation vers l'Est. — M. P. Lebedew montre que les propriétés physiques des étoiles variables produisent un effet de décalage beaucoup plus grand que celui qui serait dû à la dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire; celle-ci ne peut donc être mise en évidence par la méthode Nordmann-Tikhoff. — M. P. Lowell déduit, de l'examen des épreuves faites à l'Observatoire de Flagstaff en 1907, que les gaz les plus légers se rencontrent dans les atmosphères planétaires en quantités d'autant plus grandes qu'on s'éloigne davantage du Soleil.

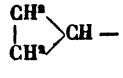
2° Sciences physiques. — M. K. Birkeland montre que les orages magnétiques peuvent être décomposés en perturbations élémentaires, lesquelles s'expliquent très bien au moyen de sa théorie de la succion magnétique par la Terre des corpuscules électriques provenant du Soleil. — M. Jean Perrin a obtenu de nouvelles vérifications de sa théorie cinétique des mouvements browniens. Il a reconnu que la concentration des granules d'émulsions en différents niveaux décroît bien de façon exponentielle en fonction de la hauteur. D'autre part, le coefficient k qui, multiplié par la concentration n des granules, donne la pression osmotique, a été trouvé égal à $42{,}5 \times 10^{-15}$, alors que la valeur calculée est de 40×10^{-15}. — M. H. Pécheux a étudié la thermo-électricité du couple cobalt-cuivre à diverses températures. Il a observé que le cobalt subit deux transformations moléculaires, l'une à 280°, l'autre à 550°. — MM. E. Bourquelot et J. Vintilesco ont constaté l'existence, dans l'écorce, les feuilles et les fruits de l'olivier, d'un glucoside qu'ils nomment *oleuropéine*. Il est lévogyre et hydrolysé par l'émulsine en donnant du *d*-glucose.

3° Sciences naturelles. — M. R. Robinson a constaté que le tabac n'a pas d'action abortive chez la femme et chez la chienne, mais seulement chez la lapine ou la cobaye. — M. E. Sollaud a reconnu que les changements de coloration chez la grenouille résultent de la mise en jeu de deux réflexes, à point de départ rétinien, l'un chromo-constricteur, l'autre chromo-dilatateur. — M. A. Laveran a soumis au traitement mixte par l'émétique et l'atoxyl des cobayes atteints de trypanosomiases; il a obtenu 6 guérisons sur 13 cas. Tous les cobayes infectés par le *Tr. gambiense* ont été guéris.

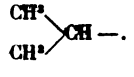
Séance du 28 Septembre 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. Em. Picard signale deux applications de l'équation de Fredholm à des problèmes de Physique mathématique : l'un relatif à une loi d'attraction correspondant à un potentiel plu général que le potentiel newtonien, l'autre au pouvoir refroidissant d'un courant fluide sur un solide. — M. S. Carrus présente ses recherches sur les systèmes de familles de surfaces se coupant suivant des lignes conjuguées. — M. A. Demoulin étudie quelques propriétés des surfaces courbes et indique deux méthodes permettant d'établir un théorème énoncé sans démonstration par Sophus Lie. — M. P. Helbronner donne quelques renseignements sur sa sixième campagne géodésique dans les Alpes de Savoie. — M. B. Galitzine décrit un pendule horizontal sismographique, à fort amortissement, obtenu au moyen d'une plaque en cuivre fixée au bras du pendule et qui se meut entre les pôles opposés de deux petits aimants permanents en fer à cheval. En outre, l'enregistrement se fait à distance, par la méthode galvanométrique.

2° Sciences physiques. — M. P. Bary donne une théorie de l'interrupteur de Wehnelt, basée sur la formation d'une chambre de vapeurs, par suite du refoulement trop rapide du liquide, produisant l'interruption du courant avec étincelle. Dès que le courant est nul, la chambre de vapeurs disparaît, le courant se rétablit et augmente jusqu'à ce que la rupture se reproduise. — M. L. Henry a constaté que le système cyclique



est plus stable que le système isopropylique



3° Sciences naturelles. — M. Y. Delage, en soumettant, dans un électrolyte approprié, des œufs vierges de *Strongylocentrotus lividus* à un bain d'électricité statique, a vu la parthénogénèse se produire et le développement aller jusqu'au stade Pluteus. L'auteur suppose que la charge électrique agit en modifiant la tension superficielle au contact de l'œuf et du liquide qui le baigne. — M. Ed. Bureau a étudié la résistance de divers arbres à l'*Oidium quercinum*. Ce parasite n'attaque pas les feuilles de *Castanea vulgaris* et de *Quercus Suber*; il attaque seulement les feuilles des jeunes pousses des *Quercus Ilex*, *sessiliflora*, *rubra* et *palustris* et du *Fagus sylvatica*; il attaque toutes les feuilles des *Quercus Cerris*, *pedunculata* et *Tozza*.

Séance du 5 Octobre 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. E. Noerlund présente ses recherches sur la convergence des fractions continues. — M. G. Bigourdan signale un changement survenu récemment dans l'aspect de la comète 1908 *c* : c'est la disparition de sa queue entre les nuits du 30 septembre et du 1er octobre. — M. J. Comas Sola a observé la conjonction de la tache rouge de Jupiter avec la tache grise, dont la vitesse de rotation est plus rapide d'environ 20 secondes. Ces deux formations ne sont pas au même niveau; mais la tache rouge oppose une résistance au mouvement direct de la tache grise.

2° Sciences physiques. — M. J. Perrin a déterminé N, le nombre de molécules que contient toute molécule-

Digitized by Google

gramme, par une méthode fondée sur le fait que des grains égaux se répartissent dans une émulsion étendue comme feraient des molécules de même masse obéissant aux lois des gaz parfaits. Il a trouvé $N = 71.10^{24}$, d'où l'on déduit e (charge de l'électron) $= 4,1.10^{-10}$, et α (constante d'énergie moléculaire) $= 1,7.10^{-16}$. — **M. A. Turpain** montre que le principe du système de télégraphie sans fil par ondes dirigées et celui de plusieurs autres dispositifs syntoniques a une parenté immédiate avec les phénomènes d'interférence des champs hertziens qu'il a étudiés il y a plus de dix ans. — **M. Jégou** a constaté que l'association en série de deux ou plusieurs détecteurs électrolytiques est toujours nuisible pour la sensibilité; par contre, le montage en parallèle peut être employé avec avantage dans la pratique. — **MM. F. Bordas** et **Touplain** ont constaté que les gaz de l'atmosphère non liquéfiables dans l'air liquide sont constitués par du néon et de l'hélium; ils ont également trouvé plusieurs lignes nouvelles dans le spectre du néon pur. — **M. G. Denigès** indique diverses réactions microchimiques de l'arsenic avec le nitrate d'Ag ammoniacal et avec la mixture magnésienne, applicables en Médecine légale. — **MM. Ph. Barbier** et **V. Grignard** ont reconnu que l'oxydation permanganique des pinènes fortement actifs conduit aisément aux acides pinoniques actifs correspondants, de même signe que le pinène initial et donnant chacun deux oximes (β et γ de Baeyer). L'oxydation de ces acides conduit à des acides piniques actifs, mais de signes contraires. — **M. M.-E. Pozzi-Escot** décrit un procédé de dosage de l'acide succinique dans les vins et dans les liquides fermentés en présence d'acides fixes. — **M. C. Gerber** montre que le précipité formé pendant la dialyse des sucs présurants végétaux doit être composé en majeure partie par les globulines dissoutes dans le suc primitif, à la faveur des sels minéraux. Cette précipitation est accompagnée d'une diminution considérable du pouvoir coagulant du liquide.

3° Sciences naturelles. — **M. E.-L. Trouessart** a déterminé la jeune Girafe du Soudan occidental récemment donnée au Muséum. Par sa robe, elle paraît se rattacher à la sous-espèce de Nubie (*Giraffa camelopardis typica*); mais elle présente aussi, par son crâne, des rapports avec les Girafes de Nigérie et du Kordofan. — **M. E. Metchnikoff** confirme le fait que le tube digestif de l'homme renferme trois espèces de microbes de la putréfaction (*B. putrificus*, *aerogenes* et *sporogenes*), non seulement sous forme de spores, mais à l'état végétatif de bâtonnets. Ces microbes, cultivés sur de la viande stérile, fabriquent des poisons très actifs. — **M. E. Maillet** a reconnu qu'une crue sérieuse de saison froide dans l'un des bassins de la Seine, de la Loire, de la Vienne, de la Saône, de la Meuse ou de la Garonne est presque toujours accompagnée de crues ou de montées plus ou moins importantes dans les autres bassins. L'accord est moins absolu pour les petites crues.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Octobre 1908.

M. A. Netter présente un Rapport sur un Mémoire du Dr **H. Vaquez**, relatif au *traitement des épanchements pleuraux récidivants par les injections gazeuses stérilisées*. L'évacuation du liquide est faite par fractions successives, en laissant pénétrer chaque fois une certaine quantité de gaz. La substitution du gaz au liquide produit un pneumothorax qui persiste quelques semaines ou quelques mois; mais la présence du gaz compressible est infiniment mieux tolérée que celle du liquide; en outre, elle fait obstacle à la reproduction du liquide, et le plus souvent cet obstacle est définitif: on obtient une véritable guérison. — **M. H. Huchard** rappelle la fréquence des fausses maladies du cœur (douleurs précordiales, palpitations, intermittences, cardiopathies fonctionnelles, souffles extra-cardiaques), lesquelles conduisent à de nombreuses erreurs dans les conseils de revision et font écarter de l'armée beaucoup de jeunes hommes valides. Il propose que tous les trois ans il y ait une revision des réformés militaires jusqu'à l'âge de quarante-cinq ans. — **M. J. Teissier** présente ses recherches sur la *sérothérapie des néphrites*. Sa méthode consiste à traiter les accidents auto-toxiques de l'insuffisance rénale par des injections sous-cutanées de sérum sanguin extrait de la veine rénale de la chèvre. Elle lui a donné d'excellents résultats. — **M. Th. Jonnesco** lit un travail intitulé : Anesthésie générale par injections intra-rachidiennes.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 25 Juin 1908.

M. J. W. Nicholson étudie, au point de vue théorique, le problème de la *réflexion des ondes par un milieu de propriétés graduellement variables*. Les résultats obtenus permettent d'expliquer les phénomènes, observés par Tyndall, de réflexion du son par le brouillard. Ils peuvent également être appliqués à l'étude de la propagation du son vers les hautes couches de l'atmosphère. — **M. F. J. Jervis-Smith** a poursuivi l'étude de la luminescence engendrée par l'induction électrostatique dans les récipients à vide. Il emploie des globes en silice pure fondue, ne renfermant plus qu'une trace d'air. Ces récipients présentent une lueur vert-émeraude sous l'action de la décharge, laquelle persiste pendant quinze minutes après l'interruption du courant, ce qu'on n'observe pas avec des globes en verre. — Sir **W. Ramsay** rappelle que les gaz de la série inactive sont aujourd'hui au nombre de cinq : He, Ne, Ar, Kr, Xe, et qu'il reste encore, dans la table périodique de Mendeléeff, trois places pour des gaz plus lourds, de poids atomiques égaux à 172, 216 et 260; ceux-ci seraient peut-être les émanations du radium, du thorium et de l'actinium. — **M. H. E. Watson** a déterminé les lignes du *spectre des fractions les plus légères de l'air atmosphérique*. Il a décelé 321 lignes, dont la plupart appartiennent aux spectres de l'hélium et du néon déjà connus. Mais l'auteur ne pense pas que les autres lignes, toutes de faible intensité, doivent être attribuées à un nouvel élément encore inconnu. Il s'agit probablement de lignes du néon, qui n'ont pas été vues à cause d'une exposition insuffisante dans les précédentes recherches. — **M. R. B. Moore** a recherché, sur les portions les plus lourdes de gaz restant après la distillation fractionnée de 120 tonnes d'air, si l'atmosphère renferme un gaz plus lourd que le xénon. Les résultats négatifs de cette recherche montrent l'improbabilité de l'existence d'un gaz élémentaire stable de cette nature. — **M. E. C. Edgar** a déterminé de nouveau *le poids atomique du chlore*. Pour cela, il brûlait un jet d'hydrogène sec dans une atmosphère de chlore. L'hydrogène était emmagasiné et pesé dans le palladium; le chlore était condensé et pesé comme liquide; de même pour HCl formé. La moyenne des expériences donne $Cl = 35,462$ pour $H = 1,00762$. — **MM. D. Bruce** et **H. R. Bateman** : *Les trypanosomes possèdent-ils un stade ultra-microscopique dans leur évolution?* Les auteurs ont reconnu que ni le *Trypanosoma Brucei*, ni le *Tr. Evansi* ne développent dans le corps des animaux des formes assez petites pour traverser les pores d'un filtre Berkefeld. Dans les cultures de *Tr. Lewisi* sur l'agar sanguin, ces petites formes sont également absentes.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

E. Alluard. — Le 20 août 1908, mourait à Clermont, à 93 ans, M. Alluard, fondateur et directeur honoraire de l'Observatoire météorologique du Puy de Dôme.

M. Alluard, le premier, non seulement en France, mais dans le monde, *réalisa l'enregistrement et l'observation continue des éléments météorologiques dans un observatoire de montagne*. Il lui fallut, pour réussir dans son projet, une rare force de volonté; de 1869 à 1876, il fut en butte à toutes sortes de difficultés et d'oppositions locales. En 1876, l'Association française pour l'Avancement des Sciences tenait son Congrès à Clermont, et le 22 août 1876 était solennellement inauguré au sommet du Puy de Dôme, sous ses auspices, le premier Observatoire météorologique de montagne.

M. Alluard a vécu assez longuement pour voir le temps consacrer son œuvre, qui a été, par la suite, imitée de tous côtés. Le 6 juillet 1902, il assistait à Royat au banquet donné à l'occasion de la pose des plaques commémoratives de la fondation de l'Observatoire et de l'expérience de Pascal. Et M. Mascart, délégué du Ministre de l'Instruction publique à cette cérémonie, félicitait « le vénérable patriarche » qui avait « la grande joie d'assister au vingt-cinquième anniversaire de l'œuvre à laquelle il a consacré une partie de son existence ».

Depuis 1902, M. Alluard n'avait pu remonter au Puy de Dôme; mais il avait conservé toute sa vivacité d'esprit, et sa conversation, pleine de souvenirs, avait encore fait l'admiration des savants français et étrangers venus à Clermont au mois d'août 1908, pour prendre part au second Congrès de l'Association française dans cette ville.

M. Alluard est universellement connu par son hygromètre à condensation. Il mérite de n'être pas oublié pour la clairvoyance avec laquelle il comprit le rôle de la météorologie d'altitude et pour l'admirable ténacité qu'il mit au service de son idée. Parlant des recherches modernes sur l'exploration de la libre atmosphère, M. Mascart a pu dire en 1902 : « Il n'est que juste de reporter à l'Observatoire du Puy de Dôme l'initiative de ces recherches en hauteur, qui fourniront les éléments nécessaires à la constitution de la science de l'atmosphère. »

§ 2. — Astronomie

La Comète 1908 c. — La troisième comète de cette année, découverte le 1er septembre, par M. Morehouse, à l'Observatoire Yerkes (États-Unis), et le surlendemain par M. Borrelly, à l'Observatoire de Marseille, nous offre un curieux et très intéressant exemple de l'instabilité de ces astres étranges.

De neuvième grandeur lors des premières observations, de huitième le 15 septembre, elle augmenta rapidement d'éclat, s'approchant à la fois du Soleil et de la Terre, et passa bientôt à la septième, puis à la sixième grandeur. On pouvait même espérer qu'elle serait facilement visible à l'œil nu dès les premiers jours d'octobre et qu'elle brillerait, par la suite, d'un éclat remarquable, puisqu'elle continue de s'approcher du Soleil presque jusqu'à la fin de l'année, son périhélie arrivant le 25 décembre.

Mais les astronomes ont été quelque peu déconcertés par les extraordinaires variations de cette comète, dont les changements imprévus ont atteint leur maximum d'intensité le 1er octobre, dénonçant à cette date un profond bouleversement dans l'organisation moléculaire de cette formation céleste.

Le 29 septembre, elle ne présentait rien d'anormal et avait l'apparence de la plupart des apparitions cométaires : une tête à peu près ovale, et une queue rectiligne, homogène, mesurant environ 23′ de longueur et 2′ de largeur. Or, le 30 septembre, cette queue offrait un aspect bien différent de la veille : elle était brisée en plusieurs points, et l'on voyait par places des régions plus brillantes, comme des condensations de substance cométaire, faisant contraste avec les solutions de continuité. D'autres transformations étaient, pour le lendemain, réservées aux observateurs.

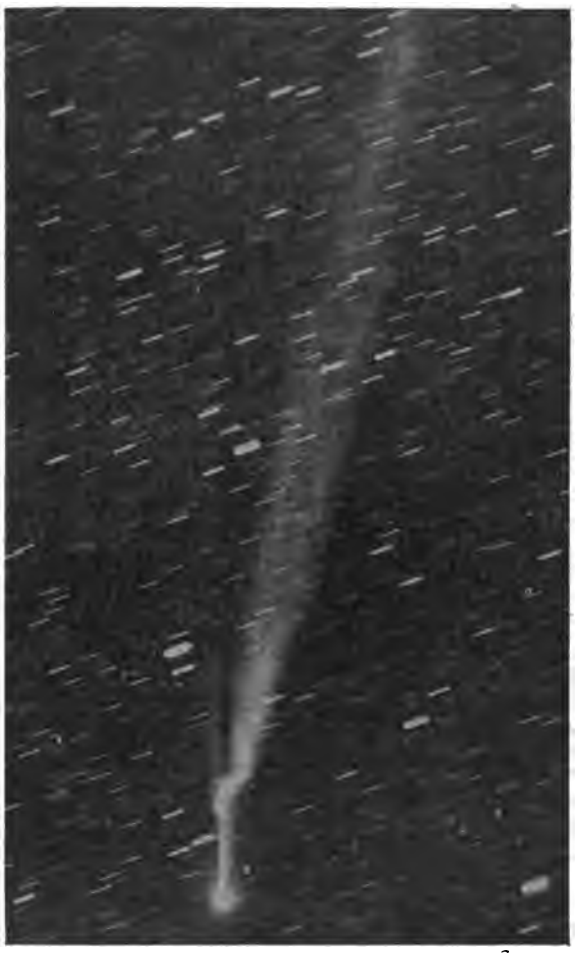
En effet, le 1er octobre, la comète était méconnaissable et paraissait complètement disloquée. De plus, elle avait beaucoup perdu de son éclat. Suivant M. Bigourdan, la queue avait même disparu. En fait, celle-ci existait toujours; mais, très affaiblie dans ses radiations perceptibles à notre rétine, elle était à peu près

Digitized by Google

effacée pour l'œil de l'observateur, tandis que la photographie la révélait, au contraire, encore plus immense qu'auparavant, mais extrêmement diffuse, ainsi que la montrent les très beaux clichés pris, le 1er octobre, par M. Quénisset, à l'Observatoire de Juvisy.

Ce phénomène est évidemment dû à une manifestation de la force répulsive émanant du Soleil et exerçant une influence considérable sur les innombrables particules dont sont formées les queues cométaires, lesquelles se trouvent, de ce fait, toujours rejetées en arrière, à l'opposé du Soleil.

La comète a subi bien d'autres transformations, tout en poursuivant son vaste cours à travers l'immensité;



ig. 1. — *Photographie de la comète Morehouse, prise le 15 octobre 1908 à l'Observatoire de Juvisy, de 8 h. 20 à 9 h. 31, par M. F. Quénisset.*

mais, soit que les éphémérides primitives aient été établies sur des éléments de calcul insuffisants, soit que les perturbations résultant de la catastrophe du 1er octobre aient modifié son orbite, — hypothèse d'ailleurs peu vraisemblable, — sa position ne s'accorde plus avec les premiers calculs.

En tout cas, voici la nouvelle éphéméride :

	ASCENSION DROITE	DÉCLIN.	LOG. DIST. ☉	LOG. DIST. ♂	ÉCLAT
	—	—	—	—	—
Nov. 1 . .	18h57m41s	+22° 6'5	0,1222	0,0629	5,52
5 . .	35 10	16 47,7	0,1073	0,0836	5,37
9 . .	53 25	12 1,3	0,0923	0,1054	5,20
13 . .	52 13	7 44,8	0,0774	0,1274	5,04
17 . .	51 24	3 54,7	0,0628	0,1489	4,88
21 . .	50 54	+0 27,4	0,0484	0,1695	4,74
25 . .	50 35	—2 40,4	0,0347	0,1889	4,62
Nov. 29 . .	50 24	5 31,9	0,0217	0,2068	4,52
Déc. 3 . .	50 18	8 10,0	0,0098	0,2230	4,43
7 . .	50 13	—10 36,9	9,9992	0,2375	4,35

Cette intéressante comète est suivie assidûment au télescope et photographiquement, à l'Observatoire de Juvisy, sous la direction de M. Flammarion, et nous nous faisons un plaisir de présenter aux lecteurs de la *Revue* une photographie (fig. 1) obtenue par M. Quénisset le 15 octobre, de 8 h. 20 à 9 h. 31. On y constate une nouvelle dislocation tout à fait fantastique. Le nombre des clichés de cette comète pris, jusqu'à présent, en cet établissement scientifique s'élève à une centaine environ. En raison du déplacement rapide de la nébulosité cométaire devant les étoiles, celles-ci se sont imprimées sur la plaque, non comme des points, mais comme des lignes allongées, plus ou moins accentuées, suivant leur éclat photogénique. La longueur des traits est proportionnelle à la durée de la pose (en ce cas, 1 h. 11).

Ajoutons que les observations spectroscopiques de M. le comte de la Baume Pluvinel, assisté de M. Baldet, à l'Observatoire de Juvisy, révèlent la prédominance du cyanogène dans la constitution de cette comète, au lieu des hydrocarbures habituels.

§ 3. — Physique

La radio-activité du potassium et d'autres métaux alcalins. — Au cours de récentes expériences, MM. Campbell et Wood[1] constataient que les sels du potassium présentent une radio-activité supérieure à celle de toutes les autres substances exemptes d'éléments dits radio-actifs qu'ils avaient jusqu'alors examinées. En recherchant la source de cette activité, les expérimentateurs ne purent séparer une impureté radio-active quelconque; aussi ont-ils été conduits à admettre que cette activité est due au potassium lui-même, dont elle constituerait une propriété atomique.

MM. J. C. Mac Lennan et W. T. Kennedy, après un travail préliminaire consacré à cet intéressant problème, s'en occupent avec plus de détails dans un Mémoire récent[2], en ayant soin de s'assurer de la pureté absolue des sels soumis à l'expérience. Ces sels étaient distribués en couches uniformes sur une cuvette plate disposée au fond d'une chambre ionisatrice de 40 centimètres de longueur, de 26 centimètres de largeur et de 28 centimètres de profondeur. Les courants de saturation traversant l'air de cette chambre, déterminés à l'aide d'un électromètre sensible à quadrants, étaient pris comme mesure de l'activité des différents sels.

Ces expériences font voir que l'activité de couches uniformes des sels actifs de potassium est directement proportionnelle à la superficie exposée du sel. Pour des couches uniformes de nombreux sels de ce métal, cette activité augmente avec l'épaisseur de la couche. des activités maxima se constatent sur tous les sels étudiés pour des couches d'une épaisseur variable entre 2 à 3 millimètres.

Des variations importantes se constatent dans les activités des différents sels de potassium et dans celles des sels de potassium de composition identique provenant de sources diverses et vendus comme chimiquement purs. En particulier, la teneur en potassium de différents échantillons de cyanure de potassium varie dans de larges proportions, et les activités de ces différents échantillons sont approximativement proportionnelles à la quantité de potassium présente dans le sel.

Le rayonnement des sels de potassium est hétérogène et d'un pouvoir de pénétration remarquable; il se comporte d'une façon analogue au rayonnement β émis par l'uranium X, dont le pouvoir de pénétration est cepen-

[1] *Proc. Camb. Phil. Soc.*, t. XIV, p. 15, 1907.
[2] *Philosophical Magazine*, n° 93, p. 377, 1908.

Digitized by Google

dant un peu supérieur à celui que possèdent les rayons du potassium.

Les expériences des auteurs rendent probable que l'activité des sels de potassium n'est point due à l'excitation, par les rayons pénétrants provenant de sources extérieures, d'un rayonnement secondaire au sein du sel. Les nombreuses tentatives faites pour attribuer l'activité des sels de potassium à la présence de l'un quelconque des produits radio-actifs connus ont donné des résultats négatifs.

De tous les éléments appartenant au groupe des métaux alcalins, le potassium seul présenterait une radio-activité sensible. Le sodium et ses sels sont absolument inactifs et les échantillons d'alun de rubidium et de chlorure de césium soumis à l'expérience ont présenté des phénomènes radio-actifs trop incertains pour se prêter à des conclusions quelconques.

La variation, avec l'humidité atmosphérique, des résistances en manganine. — L'année dernière, MM. Rosa et Babcock[1] rendaient compte de leurs intéressantes observations au sujet des variations qu'éprouvent les résistances en manganine suivant les variations de l'humidité atmosphérique. Ils faisaient voir, en particulier, que les résistances élevées présentent un cycle annuel qui correspond aux variations de l'humidité relative de l'atmosphère.

D'autre part, l'on avait remarqué depuis quelque temps les variations assez notables que présentent les étalons de résistance en manganine du Laboratoire national de Physique, près de Londres, durant un intervalle de vingt-quatre heures, variations que M. F. E. Smith, attaché à ce laboratoire, croyait pouvoir attribuer aux variations de l'humidité atmosphérique. Afin de soumettre cette hypothèse au contrôle de l'expérience, ce savant a mesuré l'effet de l'humidité sur différentes bobines-étalons[2].

Une bobine en manganine de 10.000 ohms, du type usité à la *Reichsanstalt* de Charlottenbourg, a été disposée à l'intérieur d'une boîte traversée par deux conducteurs en cuivre bien isolés et liés à des godets à mercure communiquant avec les bornes de la bobine. Le cylindre métallique entourant la bobine était retiré pour exposer la laque plate librement à l'atmosphère. L'étanchéité à l'air était assurée par une couche en cire à paraffine appliquée à l'extérieur de la boîte; l'humidité, à l'intérieur, était modifiée par l'introduction d'une grande quantité de chlorure de calcium fondu ou d'eau contenue dans de grands cristallisoirs. La température de l'ensemble, qui pouvait être modifiée en disposant la boîte à l'intérieur d'un grand four électrique, n'excédait jamais la limite de 35°. Les mesures de la résistance étaient faites à une température approximativement constante de 17°.

Les résultats de cette expérience confirment en général les conclusions formulées par MM. Rosa et Babcock, à savoir : que les bobines hermétiquement scellées ou enduites d'un vernis n'absorbant pas l'humidité sont préférables aux bobines en manganine enduites de laque plate. Le fait que certaines bobines à grande résistance ne présentent l'effet de l'humidité qu'à un degré insignifiant démontre la possibilité de produire un vernis à laque plate qui, après cuisson, serait doué de propriétés hygroscopiques négligeables.

§ 4. — Electricité industrielle

Les phares électriques en France. — La France est le pays qui possède le plus grand nombre de phares électriques. Le premier fut installé à La Hève en 1863; c'était un feu fixe alimenté par une magnéto; le premier feu électrique à éclats (tambour tournant autour d'un feu fixe) fut celui du cap Gris-Nez, établi en 1869.

Une loi de 1882 décida la création de 46 phares électriques à éclats, répartis sur tout le littoral français; mais, en 1886, après l'installation de six de ces feux, on décida de limiter l'emploi de l'éclairage électrique aux treize feux dits de *grand atterrissage*, qui signalent les routes peu nombreuses suivies par la grande navigation maritime; il y a six de ces feux dans la Manche, six sur la côte de l'Océan, et un dans la Méditerranée. Tous sont actuellement en service. Depuis 1886, le Service des Phares a eu pour objectif d'augmenter la puissance d'éclairement des appareils.

En 1887, on obtint des feux de 650.000 carcels, tout en réduisant les éclats à des durées de un cinquième de seconde. Cette brièveté d'éclat, qui avait d'abord éveillé des méfiances, n'ayant donné lieu à aucune critique des navigateurs, grâce à la faible durée des éclipses intermédiaires (deux à cinq secondes), on alla plus loin en 1893, en appliquant le système des feux-éclairs qui venait d'être imaginé par l'ingénieur en chef Bourdelles : le rendement maximum de la source de lumière y est recherché dans la diminution du nombre des panneaux lenticulaires nécessaires pour produire un nombre d'éclats donné; et cette diminution elle-même est compensée par une plus grande vitesse de rotation, obtenue en faisant supporter l'optique par des flotteurs sur un bain de mercure. On arriva ainsi à une puissance de 1.750.000 carcels, avec des éclats réduits à un neuvième de seconde.

D'autre part, on remarqua que, par suite de l'imperfection inévitable des appareils d'optique, la puissance lumineuse du faisceau n'augmente pas aussi rapidement que l'énergie dépensée dans la lampe; on a plus de lumière avec deux arcs de 50 ampères qu'avec un arc de 100 ampères; comme, d'autre part, les arcs de faible intensité sont plus stables, il y a tout avantage à les employer. Depuis 1897, la plupart des feux électriques ont été installés avec optiques doubles, et on est arrivé pour quelques-uns à une puissance lumineuse maxima de 3.000.000 de carcels avec une durée maximum d'éclat de $0^s,18$.

Les arcs employés dans les phares électriques sont produits par des courants alternatifs dont la fréquence varie, suivant les installations, entre 53 et 72 périodes. L'opinion générale est, cependant, que la puissance lumineuse obtenue par le courant continu est très supérieure; mais des expériences comparatives ont été faites dans les conditions spéciales d'emploi et ont montré que, surtout au point de vue de la visibilité à distance, le courant alternatif est préférable.

L'écartement des charbons est maintenu constant, malgré leur usure, par des régulateurs électriques, les uns actionnés simplement par la gravité, les autres munis d'un moteur électrique dont les mouvements sont commandés par la différence de potentiel de l'arc.

L'optique est ordinairement formée de quatre panneaux, dont chacun comprend, au centre, une lentille dioptrique entourée d'une série d'anneaux catadioptriques; les foyers des diverses parties sont calculés, puis déterminés pratiquement, de manière à utiliser, aussi bien que possible, les parties les plus brillantes de l'arc électrique. La distance focale est de $0^m,30$. La position de l'arc, réglée avec le plus grand soin (car la moindre erreur produit une grande déviation des faisceaux), est vérifiée pendant le fonctionnement par le gardien, qui a sous les yeux une image de l'arc projetée par un prisme sur une règle graduée. La rotation des appareils est obtenue par un poids moteur dont la descente est régularisée par un frein.

Les machines génératrices employées furent, jusqu'en 1893, des machines de Meritens. A la suite d'une étude expérimentale, on remplaça la plupart de ces machines magnéto-électriques par des alternateurs monophasés, qui sont à la fois plus réguliers comme fonctionnement, plus économiques et moins encombrants. L'installation des feux à optique double, exigeant l'alimentation simultanée de deux lampes par une même machine, a conduit à employer des alterna-

[1] *The Electrician*, 2 août 1907.
[2] *Philos. Mag.*, n° 93, 1908.

Digitized by Google

teurs à deux enroulements chevauchants produisant des courants diphasés. Les machines électriques sont conduites par des machines à vapeur horizontales à deux cylindres, système compound, avec échappement à l'air libre ou dans un aéro-condenseur.

§ 5. — Géologie

Le problème de l'érosion glaciaire. — Dans le numéro du 30 septembre dernier (p. 728), M. P. Morin a présenté aux lecteurs de la *Revue* une nouvelle explication des faits de morphologie glaciaire que j'avais moi-même exposés dans le numéro du 15 février. Je ne reviendrai pas sur les questions théoriques qu'il soulève. « Pour un même débit, dit-il, et pour une même variation de niveau, la puissance théorique des glaciers et des torrents est la même. » Je dois dire que, pour les géographes, ce qu'il convient surtout de considérer, ce sont les résultats réels et différentiels de l'érosion torrentielle et de l'érosion glaciaire, et que, pour ma part, je ne m'explique pas très bien ce que M. Morin entend par « une même variation de niveau ».

Il importe peu, d'ailleurs. Si j'ai bien compris l'explication générale de M. Morin, il considère que le glacier creuse son lit surtout latéralement, parce que c'est sur les bords que se trouvent concentrées les moraines à l'aide desquelles le glacier opère son travail. Plus le glacier agrandit son lit et poursuit son œuvre, plus les bords sont « surcreusés » et plus on doit trouver de bosses vers le centre du lit. C'est là un des points sur lesquels mon explication est en directe contradiction avec celle de M. Morin; je considère, en effet, que c'est surtout dans les lits glaciaires jeunes, ou rajeunis, ou fraîchement recreusés, ou exceptionnellement conservés dans leur première fraîcheur, que se trouvent ces détails centraux de morphologie sur lesquels j'ai été amené à attirer l'attention des géographes et des géologues.

Mais je ne veux pas abuser de l'hospitalité de la *Revue* et, puisque j'ai pu exposer, avec d'amples développements, d'abord mes observations nouvelles (qui jusqu'ici n'ont été contestées par personne) et, en second lieu, mon essai personnel d'interprétation, je me borne à y renvoyer les lecteurs (numéro du 15 février 1908, p. 90-99, avec sept figures).

Je prendrai la seule liberté de signaler tout ce qu'il y a d'invraisemblable dans l'interprétation de M. Morin. Son schéma (fig. 1 de la page 728) est un petit chef-d'œuvre, et la manière dont s'y trouvent réparties les moraines me fait demander si M. Morin sait bien ce qu'est un glacier. Je copie textuellement celui de ses alinéas qui est peut-être le principal et qui enveloppe le schéma : « S'il n'y avait pas de moraine médiane (!), dit-il, la glace du milieu glisserait sur un lit à peu près net sans éroder; elle serait seulement retenue, par cohésion, à la glace des bords, retardée elle-même par le frottement des débris morainiques. Les moraines médianes travaillent aussi; mais, comme elles sont moins importantes et qu'elles ne sont plus alimentées, leur effet est nécessairement moindre. » Je défie n'importe quel géographe ou glaciériste de m'expliquer ce qu'a voulu dire M. Morin; à moins que, dans sa terminologie tout à fait personnelle, le mot de « moraine médiane » veuille dire « moraine de fond » (Grundmoräne). Je ne vois, pour ma part, que cette explication pour que cette phrase capitale ne soit pas une absurdité; et pourtant, si l'on remplace « moraine médiane » par « moraine de fond », que devient la seconde partie de l'alinéa : « Les moraines médianes travaillent aussi; mais, comme elles sont moins importantes et qu'elles ne sont plus alimentées, leur effet est nécessairement moindre? » Moins importantes? Faible alimentation? Est-ce que cela peut s'appliquer à cette moraine de fond qui, lorsqu'il s'agit, par exemple, de l'ancien *inlandsis* de la Scandinavie, était « si peu importante » et « si peu alimentée » qu'elle recouvre encore de masses énormes de débris *toute la plaine de l'Allemagne du Nord*? Et, si nous considérons la Suisse et le glacier du Rhône, peut-on dire que cette moraine de fond soit insignifiante, lorsqu'elle s'étale partout sur plusieurs mètres d'épaisseur à travers le plateau suisse, entre le Jura et les Alpes? La maison que j'habite à Fribourg repose sur plus de dix mètres d'épaisseur de moraine de fond du glacier du Rhône; et je me permets d'affirmer à M. Morin que, vers le centre d'un lit glaciaire, il y a le plus souvent une masse morainique assez considérable, et cela, que le glacier soit immense ou qu'il soit très petit et en voie de retrait.

Aussi bien, M. Morin sait-il ce que sont les moraines et où elles se trouvent? Se doute-t-il que la répartition et la marche des moraines sont phénomènes extrêmement délicats et complexes. Connaît-il les travaux si intéressants et si minutieux (dont il pourra lire, pour le moins, un résumé substantiel dans les excellentes *Revues de Glaciologie* de Charles Rabot) qui nous ont montré comment la moraine supérieure devient moraine inférieure? Cette moraine inférieure elle-même, cette moraine de fond, grâce à la « foliation » du glacier, reparaît parfois à la surface et redevient partiellement moraine supérieure!

Je consens qu'il est très important de savoir comment se comportent les glaciers du Laboratoire de Physique du Lycée de Montluçon, mais je demanderai à M. Morin de ne pas trop généraliser la portée de ses observations et de ses conclusions.

Jean Brunhes,
Professeur de Géographie
aux Universités de Fribourg et de Lausanne.

§ 6. — Physiologie

La rate, organe d'échanges ferrugineux. — On ne connaît rien de précis sur les fonctions de la rate; l'ablation de cet organe n'entraînant pas la mort et ne déterminant aucun trouble fonctionnel permanent et déterminé, les physiologistes doivent reconnaître leur parfaite ignorance du rôle de la rate.

On a supposé, car on n'aime pas reconnaître son ignorance, et pour la dissimuler on émet volontiers des hypothèses, on a supposé que la rate joue un rôle important dans l'hématopoïèse; mais, pour les uns, la rate est agent producteur d'hématies; pour les autres, elle est agent destructeur d'hématies. A l'appui de cette dernière conception, on a fait valoir la richesse remarquable de la rate en dépôts ferrugineux, qui pourraient, sans doute, dériver de l'hémoglobine des hématies détruites.

M. Léon Asher publie, dans le *Zentralblatt für Physiologie* (Litterat. 1908, n° 12, p. 375-377), une Note assez intéressante, résumé des recherches de M. Hans Grossenbacher sur le rôle que semble jouer la rate dans les échanges ferrugineux de l'organisme.

Comparant l'élimination du fer chez de jeunes chiens de mêmes portées, les uns possédant leur rate, les autres dératés, cet auteur a constaté que l'élimination journalière du fer est toujours supérieure chez les animaux dératés à ce qu'elle est chez les animaux normaux. Cette différence s'observe, que les animaux soient alimentés ou qu'ils soient à jeun; elle persiste même après dix semaines, et peut dès lors être considérée comme définitive.

La quantité de fer éliminée par les animaux normaux observés n'a pas dépassé 11,20 milligrammes par jour; la quantité éliminée par les animaux dératés a oscillé entre 18,00 et 29,22 milligrammes.

Si l'on rapproche cette constatation du fait classique de l'accumulation de produits ferrugineux dans la rate, on ne peut nier le rôle de cet organe dans le métabolisme organique du fer; la rate nous apparaît comme un réservoir de fer, retenant en elle, peut-être pour subvenir aux besoins de l'organisme, le fer résultant de la désintégration des substances ferrugineuses.

Digitized by Google

§ 7. — Hygiène publique

Les espaces libres à Paris. — Sans être aussi vertigineux qu'aux Etats-Unis, l'accroissement des grandes villes, en Europe, est cependant rapide. Paris grandit, en moyenne, d'environ 50.000 habitants par an, et l'attraction des grands centres est loin d'être arrêtée, malgré tout l'agrément offert par les *Cités-jardins*, ces jolies et utiles créations que M. G. Benoît-Lévy cherche à répandre chez nous.

Ces agglomérations humaines deviennent facilement des foyers d'insalubrité. « Pour qu'une ville soit saine, dit M. Jules Siegfried, président du Musée Social[1], il lui faut de larges rues, des boulevards plantés d'arbres, des parcs, des jardins, en un mot, des *réserves d'air*; il faut que les travailleurs y trouvent des promenades agréables, pour s'y reposer de leurs fatigues, pour s'y refaire un sang riche et pur; il faut que les enfants y trouvent des terrains pour leurs jeux et les exercices qui assureront leur croissance saine et normale. »

Le surpeuplement est, en effet, une cause extrêmement favorable à cette terrible maladie sociale qui s'appelle la tuberculose. « C'est là, dit M. le Dr Landouzy, où la contagion est surtout préparée, entretenue, dans les quartiers, dans les maisons sans air, sans lumière et où le soleil ne pénètre jamais. Vous devez savoir que l'agent de la tuberculose, le bacille, craint beaucoup le soleil pour sa non-nocivité. Il y a, on peut le dire, un paradoxe entre le soleil et la contagion de la tuberculose : le bacille de la tuberculose ne peut pas vivre au soleil, sa virulence s'éteint dès que le soleil le touche, et c'est pour cela qu'il y a dans Paris des quartiers maudits, des maisons maudites où toujours est toute prête à germer la graine sémillante quand elle n'a pas pu être éteinte, desséchée par le soleil, le grand purificateur. » Et le Dr Landouzy cite ici quelques chiffres : la mortalité par tuberculose dans la ville de Paris est, en moyenne, de 50 °/₀₀₀; dans certains quartiers (les Epinettes, Plaisance, Grenelle), le coefficient atteint 104 °/₀₀₀, tandis que dans les quartiers fortunés, dans celui de la Madeleine, par exemple, le chiffre descend à 20 °/₀₀₀, et, quand on s'avance vers des espaces plus libres encore, vers les Champs-Elysées, la proportion tombe à 11 °/₀₀₀. Ces statistiques font comprendre pourquoi les Anglais appellent les promenades et les parcs de leur capitale : les poumons de Londres.

Paris, comme la plupart de nos grandes villes françaises, manque d'espaces libres. Tandis que 14 °/₀ de la superficie de Londres et 10 °/₀ de celle de Berlin sont réservés à des parcs et à des jardins, Paris doit se contenter de 4 1/2 °/₀. D'après M. Eug. Hénard, Londres possède 1.168 hectares de parcs intérieurs, Berlin 411 hectares et Paris seulement 214 hectares (Lyon : 117 hectares). La situation actuelle de Paris au point de vue des espaces libres est même inférieure à ce qu'elle était au XVIIIe siècle. En 1789, la surface de la capitale, limitée par l'emplacement actuel des boulevards extérieurs, était de 3.390 hectares; les espaces plantés en occupaient 391 hectares, soit un peu plus du dixième. Aujourd'hui, la surface correspondante n'en possède plus que 137. Depuis cent ans, Paris a perdu les deux tiers de ses jardins, et nous accentuons encore cette forme de l'économie destructive que les Allemands qualifient du terme expressif de *Raubwirtschaft*. Il y a peu de temps encore, le Champ de Mars formait un magnifique espace libre de 50 hectares. Les terrains en bordure ont été vendus pour bâtir et le voici réduit à la moitié de sa surface primitive.

Cette politique municipale, dont nous retrouverions l'équivalent dans d'autres villes françaises, ne saurait se prolonger sans exagérer les graves conséquences antihygiéniques, si bien exposées par M. le Dr Landouzy. Un fait plus grave encore peut se produire : la vente et le lotissement des terrains laissés libres par le déclassement des fortifications de Paris. De là, le mouvement d'opinion provoqué par la Section d'hygiène urbaine du Musée social. Paris va se trouver en présence d'un anneau presque circulaire de 120 mètres de largeur et de 33 kilomètres de développement, sur lequel il serait facile d'établir un certain nombre de nouveaux parcs. D'autres villes, comme Hambourg et Vienne, ont donné de remarquables exemples d'une semblable utilisation. Le créateur de la religion de la beauté, le grand esthéticien Ruskin, proclamait avec raison « qu'il n'y a de richesse que la vie ». Et il ajoutait : « On découvrira peut-être que les vraies veines de la richesse sont de pourpre, qu'elles ne sont pas dans le roc, mais dans la chair; peut-être même que l'apogée finale, le dernier terme de la richesse est dans la production la plus grande possible de créatures au souffle puissant, à l'œil clair et au cœur joyeux[1] ».

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] La Section d'Hygiène urbaine de ce véritable « laboratoire de Sociologie » qui s'appelle le Musée Social prit récemment l'initiative d'une grande manifestation publique en faveur des espaces libres. Cette cérémonie eut lieu à la Sorbonne le 5 juillet 1908. Des discours furent prononcés par MM. Jules Siegfried, G. Risler, Dr Landouzy, Me Henri Robert, Ch. Beauquier, A. Ribot. Le compte rendu de cette cérémonie a paru dans les *Mémoires et Documents* du *Musée Social* (no 7, juillet 1908. Paris, Rousseau). On y trouvera, en outre, sur la même question, deux excellents articles de MM. R. de Souza et Eugène Hénard.

[1] *Unto this last.* Essay II, p. 65. Traduction H. J. Brunhes.

§ 8. — Géographie et Colonisation

Les stagiaires agricoles en Algérie. — De nombreuses demandes sont adressées chaque année au Gouvernement général de l'Algérie par des jeunes gens sortant des Ecoles d'Agriculture de la métropole, qui désireraient accomplir un stage dans une grande exploitation agricole de la colonie, pour se familiariser avec les cultures et les méthodes agricoles algériennes et faire leur apprentissage de colons avant d'exploiter pour leur propre compte.

Afin d'encourager cette tendance, qui ne peut que contribuer au développement rationnel de la colonisation en Algérie, le Gouverneur général vient d'organiser à la Direction de l'Agriculture d'Alger un Service spécial de renseignements. Ce Service aura pour mission de mettre les jeunes gens, désireux de compléter leur instruction agricole en Algérie, en rapport avec les propriétaires algériens qui seraient disposés à recevoir des stagiaires. A cet effet, il centralisera les demandes ainsi que les offres qui pourraient être faites par les chefs d'exploitations.

§ 9. — Enseignement

Personnel universitaire. — M. Zoretti, docteur ès sciences, professeur de Mathématiques au Lycée de Rochefort, est nommé maître de conférences de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. Godchot, docteur ès sciences, est nommé maître de conférences de Chimie à la Faculté des Sciences de Montpellier.

M. Boutroux, docteur ès sciences, est chargé d'un cours complémentaire d'Astronomie à la Faculté des Sciences de Poitiers.

M. Le Dantec, docteur ès sciences, chargé d'un cours complémentaire d'Embryologie générale, est chargé, sur sa demande, d'un cours complémentaire de Biologie générale.

M. Dangeard, professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Poitiers, est chargé, sur sa demande, du cours de Botanique à l'enseignement du P. C. N., en remplacement de M. Daguillon, décédé.

M. Bernard, docteur ès sciences, maître de conférences de Botanique à la Faculté des Sciences de Caen, est chargé d'un cours de Botanique à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Digitized by Google

LES ORIGINES, LES MÉTHODES ET LES PROBLÈMES DE LA GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE [1]

Mes chers Confrères,

Depuis une trentaine d'années, un changement profond s'est accompli sous nos yeux dans l'orientation des études mathématiques. La théorie des fonctions, puisqu'il faut l'appeler par son nom, attire aujourd'hui, avec une force irrésistible, les recherches des plus jeunes, des plus actifs, des plus inventifs parmi nous. Un esprit nouveau les anime : il nous a déjà valu, et nous promet plus encore pour l'avenir, de belles et profondément originales découvertes. Si l'on compare les débuts du XXe siècle aux commencements de celui qui vient de finir, on est obligé de reconnaître qu'il s'est produit depuis cent ans une transformation radicale dans les méthodes et dans les théories, dans les points de vue et dans les principes directeurs. Le XIXe siècle nous a laissé des écrits mémorables et des travaux de haute portée; mais, dans sa première moitié tout au moins, il s'est contenté de parfaire la tâche qui lui avait été léguée par les grands génies scientifiques des deux siècles qui l'avaient précédé. Celui qui s'ouvre devant nous offre, au contraire, des perspectives vraiment nouvelles, nous présente des champs de recherche entièrement inexplorés. Rien n'arrête les esprits ardents et curieux; ils ne craignent nullement de s'attaquer aux bases mêmes de l'édifice que tant de travaux, si longuement poursuivis, avaient paru établir sur des fondements inébranlables. Et, non contents de cultiver notre science, de lui imprimer les directions qu'ils estiment les meilleures, ils ont la prétention, à laquelle j'applaudis pour ma part, d'apporter les contributions les plus originales et les plus précises à cette branche essentielle de la Philosophie qui a pour objet propre l'origine, la nature et la portée de nos connaissances.

En confiant à un homme qui suit ce mouvement avec sympathie, mais qui n'y a point pris part directement par ses écrits, le soin de faire une des conférences inscrites au programme, les organisateurs de notre Congrès lui ont fait un grand honneur, dont il tient à les remercier vivement, car il en sent tout le prix. Mais ils ont voulu montrer aussi, j'imagine, qu'ils n'entendent négliger aucune des branches du savoir mathématique. En science comme ailleurs, plus qu'ailleurs peut-être, parce que les chercheurs sont toujours passionnés, il y a des modes, des entraînements auxquels il convient de ne pas s'abandonner sans réserve. Malgré le nombre croissant des adeptes de la science mathématique, les anciennes disciplines courent le risque d'être quelque peu délaissées. C'est le propre des réunions comme celle-ci d'opérer une œuvre de coordination, d'attirer en particulier l'attention sur les questions qui appellent des recherches, afin que notre science marche, d'un pas égal et ferme, sans interruptions ni à-coups, vers son but essentiel, qui est la recherche de la vérité.

Ceux qui sont appelés à retenir quelque temps votre attention ont sans doute pour premier devoir de ne choisir que des sujets dont ils puissent parler avec compétence et, si j'ose dire, de première main. En me conformant à cette règle si naturelle, je suis heureux de penser que les questions dont je vous entretiendrai sont au nombre de celles qui ont plus particulièrement attiré l'attention des géomètres de ce pays, et de rendre ainsi hommage au beau génie de l'Italie, où la Géométrie, sous toutes ses formes, a été cultivée, est cultivée aujourd'hui encore, par tant de maîtres éminents. Quelques-uns d'entre eux, Bellavitis, Brioschi, Cremona, Casorati, ont été mes guides ou mes amis. Permettez-moi, avant d'entrer en matière, de donner un souvenir à l'un des plus grands et des plus aimables, à Eugenio Beltrami, avec qui j'ai entretenu les relations les plus affectueuses, et qui nous a laissé tant d'écrits où la science la plus profonde s'allie à l'élégance de la forme et à la limpidité de l'exposition.

I. — La théorie des cartes géographiques et les travaux de Gauss.

Comme bien d'autres branches du savoir humain, la Géométrie infinitésimale a pris naissance dans l'étude d'un problème posé par la pratique. Les Anciens s'étaient déjà préoccupés d'obtenir des représentations planes des différentes contrées de la Terre, et ils avaient adopté l'idée, si naturelle, de projeter sur un plan la surface de notre globe. Pendant très longtemps, on s'est attaché exclusivement à ces méthodes de projection, en se bornant simplement à étudier les meilleurs moyens de choisir, dans chaque cas, le point de vue et le plan de projection. C'est un géomètre des plus pénétrants, Lambert, le confrère très estimé de Lagrange

[1] Conférence lue à Rome au palais Corsini, le 7 avril 1908, devant le quatrième Congrès des Mathématiciens.

Digitized by Google

à l'Académie de Berlin, qui, signalant pour la première fois une propriété commune aux cartes de Mercator dites *cartes réduites* et à celles que fournit la projection stéréographique, envisagea le premier la théorie des cartes géographiques sous un point de vue vraiment général, et proposa, avec toute son étendue, le problème de la représentation de la surface terrestre sur le plan avec similitude des éléments infiniment petits. Cette belle question, qui donna naissance à des recherches de Lambert lui-même, d'Euler et à deux très importants Mémoires de Lagrange, fut traitée pour la première fois par Gauss dans toute sa généralité. Le travail que le grand géomètre composa sur ce sujet, et qui fut couronné en 1822 par la Société royale des Sciences de Copenhague, fut suivi, en 1827, des célèbres *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, dans lesquelles se trouvent exposés magistralement les premiers éléments d'une théorie qui devait recevoir de grands développements. Parmi les notions essentielles introduites par Gauss, il faut noter l'emploi systématique des coordonnées curvilignes sur une surface, l'idée de considérer une surface comme un tissu flexible et inextensible, qui a conduit le grand géomètre à son célèbre théorème sur l'invariabilité de la courbure totale, les belles propriétés des lignes géodésiques et de leurs trajectoires orthogonales, la généralisation du théorème d'Albert Girard sur l'aire du triangle sphérique, toutes ces vérités concrètes et définitives qui, comme bien d'autres résultats dus au génie du grand géomètre, sont destinées à conserver, à travers les âges, le nom et la mémoire de celui qui les a, le premier, dévoilées.

Entraîné par tant d'autres travaux, Gauss n'a pas développé les conséquences des principes qu'il avait introduits. Par exemple, l'équation aux dérivées partielles du premier ordre qu'il a donnée pour les familles de trajectoires orthogonales des lignes géodésiques contenait en germe les découvertes fondamentales que Jacobi a développées plus tard sur la Mécanique analytique. J'ai aussi montré, dans mes *Leçons*, qu'en combinant très simplement trois équations linéaires du second ordre qui se trouvent dans les *Disquisitiones* et auxquelles satisfont les coordonnées rectangulaires d'un point de la surface, on peut former, avec toute la généralité possible, l'équation aux dérivées partielles des surfaces qui admettent un élément linéaire donné, et obtenir ainsi la solution complète d'une question qui devait être proposée, trente-cinq ans plus tard seulement, comme sujet de prix par l'Académie des Sciences de Paris. Mais Gauss avait en vue dès ses premiers travaux, et il le dit expressément dans la préface du Mémoire couronné par l'Académie de Copenhague, seulement la construction des cartes géographiques et les applications de la théorie générale à la Géodésie. Il est revenu sur ces sujets, dans deux Mémoires qui portent les dates de 1843 et 1846, et qui peuvent figurer sans désavantage à côté des *Disquisitiones*. Reprenant, avec plus de précision, une méthode que Prony avait publiée en 1808 pour remplacer notre globe elliptique par une sphère convenablement choisie, il fait connaître, pour la construction des cartes géographiques d'un grand pays, des méthodes simples et pratiques qui ont été fidèlement suivies en Allemagne et qui mériteraient à coup sûr d'être adoptées dans les autres pays. La belle publication des *Reliquia* de Gauss, que nous devons à M. Félix Klein, nous a appris d'ailleurs que le grand géomètre n'avait cessé de poursuivre ses études sur les surfaces en général, et qu'il avait obtenu notamment la notion si essentielle de ce que nous nommons aujourd'hui la *courbure géodésique*. On a aussi retrouvé un court fragment relatif à la détermination des surfaces applicables sur une surface donnée; il semble pourtant que Gauss n'ait jamais porté son attention, d'une manière bien suivie, sur le problème que paraissaient suggérer ses premiers travaux : la détermination des surfaces qui admettent un élément linéaire donné.

II. — Les premiers travaux des géomètres français : Monge, Dupin, Lamé, Jacobi.

A l'époque où Gauss publiait en Allemagne les recherches dont nous venons de parler, la France était, pour ainsi dire, en pleine floraison géométrique. Par ses conceptions si originales sur la génération des surfaces et sa création de la Géométrie descriptive, par la rénovation qu'il avait su imprimer aussi à la Géométrie analytique, Monge avait exercé une influence que Lagrange constatait avec quelque regret. On connaît le mot célèbre échappé à l'illustre géomètre, au sortir d'une leçon de Monge à l'Ecole Polytechnique : « Avec sa Géométrie descriptive et ses générations de surfaces, ce diable d'homme se rendra immortel. » Monge ne se contentait pas de faire des découvertes; il faisait aussi des élèves, ce qui vaut quelquefois mieux. L'un d'eux, le mieux doué peut-être, Charles Dupin, sut compléter l'œuvre de son maître en le suivant dans toutes les directions, en mariant comme lui la Géométrie analytique à la Géométrie infinitésimale; en introduisant, à côté de la notion des lignes de courbure due à Monge, celles de l'indicatrice, des tangentes conjuguées et, par suite, des lignes asymptotiques, qui sont toutes *projectives* comme nous disons aujourd'hui, et par là ont acquis un rôle prépondérant dans les recherches

Digitized by Google

les plus récentes. Lamé, de son côté, cet apôtre de la Philosophie naturelle, s'élevait peu à peu à la notion des coordonnées curvilignes de l'espace, à celle des paramètres différentiels, qui lui avait été suggérée par ses études de Physique mathématique et qu'il développa d'une manière magistrale dans un Mémoire inséré, en 1833, au *Journal de l'Ecole Polytechnique*. Bientôt la belle découverte de Jacobi sur les lignes géodésiques de l'ellipsoïde à trois axes inégaux venait apporter un nouvel aliment aux recherches de Géométrie. Chasles, rappelant un de ses théorèmes les plus élégants d'après lequel deux surfaces homofocales du second degré paraissent se couper à angle droit, de quelque point de l'espace qu'on les regarde, montrait que ce théorème aurait pu lui donner, tout au moins, une intégrale première de l'équation différentielle du second ordre dont dépend la détermination des lignes géodésiques de l'ellipsoïde. Grâce à une fertilité de moyens qui n'a jamais été dépassée, il parvenait, avec les seules ressources de la Géométrie, à intégrer non seulement l'équation différentielle des géodésiques, mais aussi le système des deux équations différentielles auxquelles Jacobi avait donné le nom d'équations *abéliennes*. Une foule de géomètres, parmi lesquels il faut comprendre Liouville, Frenet, Puiseux, Joseph Bertrand, Alfred Serret, Minding, Joachimsthal, Bouquet, Paul Serret, et plus particulièrement Ossian Bonnet, à qui ses recherches assignent presque le rôle d'un créateur, prenaient part avec ardeur à ce travail d'élaboration, qui devait mettre sur pied une des branches les plus intéressantes et les plus élégantes de la Géométrie moderne. Tous ces maîtres devaient se préparer à eux-mêmes de dignes successeurs. J'aimerais à faire ici l'analyse de leurs principales découvertes ; mais il convient que je me rappelle que le temps nous est mesuré à tous ; il faut que je n'abuse pas de votre attention et que j'arrive le plus tôt possible aux recherches dont on s'occupe en ce moment; je ne puis donc que renvoyer ceux d'entre vous qui désireraient plus de détails sur la période un peu ancienne que je dois abandonner à la conférence que j'ai eu l'honneur de faire en 1904, devant le Congrès international de Saint-Louis des Etats-Unis d'Amérique, sous la présidence de l'astronome illustre (M. Newcomb) qui est venu prendre part à nos travaux.

Dans le reste de cette causerie, je me bornerai donc à suivre l'exemple que nous donnait, il y a huit ans, M. Hilbert à notre Congrès de Paris, et j'indiquerai, dans une revue rapide des principales branches de la Géométrie infinitésimale, quels sont les problèmes dont la solution nous importe le plus, et qu'on peut espérer de résoudre dans un avenir plus ou moins prochain.

III. — Des méthodes en Géométrie infinitésimale. Role de la méthode analytico-géométrique.

Un mot d'abord sur les méthodes qu'il convient de suivre dans l'étude des problèmes de Géométrie infinitésimale. Ici, comme dans la Géométrie des éléments finis, on a essayé de construire un corps de doctrine entièrement indépendant de l'Analyse. Jacobi avait donné l'exemple en faisant revivre les infiniment petits proscrits par Lagrange ; Joseph Bertrand et Ossian Bonnet l'ont suivi dans cette voie. Aujourd'hui on n'a guère le temps, semble-t-il, de suivre deux méthodes différentes pour étudier les mêmes questions ; et l'on s'est attaché presque exclusivement, en Géométrie infinitésimale, aux méthodes analytiques qui emploient les axes coordonnés; je suis loin, pour ma part, de le trouver mauvais, sous la réserve, toutefois, que la recherche sera vivifiée et inspirée sans cesse par l'esprit géométrique, qui ne doit jamais cesser d'être présent. Pour expliquer ce que je viens de dire, permettez-moi de vous faire part d'un de mes souvenirs les plus anciens et les plus précis. Il y a plus de trente ans, un analyste des plus distingués m'apporta un travail, qu'il venait de terminer, sur la surface développable circonscrite à la fois à une sphère et à une surface de second degré. Ses formules étaient élégantes, symétriques et savamment déduites; elles l'avaient conduit à cette conclusion, qui l'avait beaucoup surpris, que l'arête de rebroussement de sa développable était rectifiable algébriquement. Je n'eus aucune peine à lui montrer, sans calcul, que la découverte dont il était si fier, et qui, d'ailleurs, ne manquait pas d'intérêt, était évidente géométriquement et pouvait même être étendue à toute développable circonscrite à une sphère, car elle avait son origine dans cette propriété qu'a l'arête de rebroussement d'être une des développées de la courbe de contact de la développable et de la sphère. C'est ce que mon ami analyste aurait reconnu de lui-même, s'il n'avait pas été trahi et abandonné, pour un court moment je l'espère, par le dieu de la Géométrie.

Suivons donc les méthodes analytiques, mais ne les suivons pas aveuglément. Comme les grandes routes, elles nous fournissent souvent les voies les plus sûres; mais les chemins de traverse ont bien leur charme, et ils nous éclairent beaucoup mieux sur les véritables connexions des lieux et des choses.

On reproche quelquefois aux méthodes analytiques leur longueur et leur obscurité; on a même soutenu que l'utilisation incessante des coordonnées avait quelque chose d'artificiel. L'emploi du trièdre mobile et de la méthode des mouvements relatifs, combiné avec un choix judicieux des coordonnées

Digitized by Google

curvilignes, échappe le plus souvent à cette objection. Il met en évidence les relations étroites et fondamentales qui lient la Géométrie à la science du mouvement et fournit la signification mécanique, si essentielle à connaître, des éléments géométriques qui se présentent dans la recherche.

Il est un autre avantage encore que l'Analyse présente dans ces études. Quoi qu'en disent certaines personnes, plus ou moins étrangères à notre science, le mathématicien n'est nullement une machine à déduire ou à calculer. Ses travaux mettent en jeu *toutes* les facultés de son esprit. La finesse, l'esprit d'invention, l'imagination lui sont peut-être plus nécessaires que l'ordre et la rectitude dans le raisonnement. Mais en créant lui-même, comme il arrive souvent en Géométrie, l'objet même de ses études, en introduisant des êtres et des éléments nouveaux, il doit se garder, par-dessus tout, de ces spéculations sans portée, dont le moindre inconvénient est de tenir une place qui pourrait être mieux occupée. C'est ici que l'Analyse intervient avec sa vertu propre. Elle n'a pas de signes, selon Fourier, pour les notions confuses; elle n'a pas non plus de méthodes pour les recherches oiseuses et sans avenir. Par contre, elle met entre nos mains, quand nous avons su trouver la bonne voie, tous les éléments qui nous sont nécessaires pour le développement de nos conceptions.

IV. — Nécessité d'introduire franchement et complètement les imaginaires en Géométrie. Exemples a l'appui.

J'ajouterai, et sur ce point j'ai été heureux de recueillir plus d'une fois l'avis conforme et l'adhésion de Sophus Lie, que le géomètre ne doit jamais reculer devant l'emploi franc et complet des éléments imaginaires. Avec Cauchy, les imaginaires ont imposé leur empreinte victorieuse sur toutes les parties de l'Analyse. Leur place, au même titre et plus encore qu'en Analyse, est marquée en Géométrie. Il m'est arrivé dans ma jeunesse de rencontrer quelques professeurs attardés qui levaient les bras au ciel quand on s'aventurait à leur parler du cercle imaginaire de l'infini. Ces temps sont passés, et personne ne conteste plus l'importance des notions sur les imaginaires introduites dans la géométrie des éléments finis; elles sont même devenues si banales qu'on ne songe plus à en citer le premier inventeur. Je me souviens que mon ami Laguerre, ayant commencé un de ses Mémoires par une phrase telle que celle-ci : « On sait que tous les cercles du plan peuvent être considérés comme passant par deux points à l'infini », se vit vertement reprendre par Poncelet. « On sait, oui l'on sait, disait l'illustre géomètre, mais vous auriez bien dû dire qui vous a appris cela. » En Géométrie infinitésimale, comme dans la Géométrie de Poncelet, l'emploi des imaginaires ne sera pas moins fécond qu'en Analyse. Mais il a tardé beaucoup plus à s'imposer. Pourquoi? je l'ignore. Est-ce parce que, selon quelques-uns, la Géométrie doit toujours avoir en vue des objets réels et aboutir à des constructions? Peut-être. En tout cas, il y a beaucoup de progrès à faire à cet égard. Monge nous avait pourtant donné l'exemple; sur ce point, comme sur plusieurs autres, il a été en avance sur son époque, puisqu'il n'a pas hésité à consacrer tout un chapitre de son Ouvrage à la surface imaginaire dont les rayons de courbure sont égaux et de même signe. Ces imaginaires, devant lesquelles il ne reculait pas, ont permis à ses successeurs d'interpréter et de vivifier cette intégration des surfaces minima, qui est une de ses plus belles découvertes, et de constituer ainsi le chapitre le plus attrayant et le plus parfait de la Géométrie infinitésimale. N'est-ce pas aussi grâce aux imaginaires qu'on a pu déduire de deux théorèmes célèbres de M. Weingarten, qui ne dépareraient pas le grand Mémoire de Gauss, la détermination complète des surfaces applicables sur le paraboloïde de révolution?

Je veux encore indiquer un autre exemple dans lequel les imaginaires nous dévoilent la véritable origine de certaines propriétés, inattendues au premier abord. Vous savez que, par des procédés très variés, on a pu compléter certaines recherches de Monge, et déterminer toutes les surfaces dans lesquelles les lignes de courbure de l'un des systèmes, ou des deux systèmes, sont planes ou sphériques. Considérons, pour plus de netteté, les surfaces à lignes de courbure planes dans un système. On constate des relations singulières entre les lignes de courbure planes d'une même surface. Si l'une d'elles seulement est algébrique, toutes les autres sont algébriques. Si l'une d'elles est un cercle, toutes les autres sont nécessairement des cercles. C'est en faisant intervenir les imaginaires qu'on remonte à la source de ces curieuses relations. Imaginons qu'on déforme la surface développable enveloppe des plans des lignes de courbure, en supposant que chaque plan tangent de cette développable entraîne avec lui la ligne de courbure qui y est contenue. Il est facile d'établir que, parmi toutes les déformations ainsi considérées, il y en aura une, *nécessairement imaginaire*, dans laquelle toutes les lignes de courbure viendront se placer sur une développable *isotrope*, c'est-à-dire circonscrite au cercle de l'infini. Par suite, si une des lignes de courbure de la surface nous est connue, toutes les autres seront nécessairement égales à des sections planes convenablement choisies de la

Digitized by Google

développable isotrope qui contient cette première courbe. Cette remarque donne évidemment la clef des relations que nous avions signalées. Elle nous fournit en même temps la construction la plus simple des surfaces à lignes de courbure planes. On prendra deux développables (D), (Δ), dont la seconde soit isotrope, puis on supposera que (D) se déforme, ses plans tangents entraînant avec eux les sections qu'ils ont déterminées dans la développable (Δ). Les positions nouvelles de ces sections engendreront la surface cherché.

V. — Quelques problèmes de Géométrie infinitésimale. Les courbes a torsion constante.

Des méthodes, passons aux problèmes. Je commencerai par le suivant :

Les courbes à torsion constante se rencontrent dans un grand nombre de recherches. D'après un curieux théorème d'Enneper, les surfaces à courbure constante ont pour lignes asymptotiques des courbes à torsion constante. De même, les surfaces applicables sur le paraboloïde de révolution, dont nous avons déjà parlé, peuvent être dérivées, par une élégante construction géométrique, de courbes imaginaires dont la torsion est constante. Pour que la surface soit algébrique, il faut et il suffit que la courbe à torsion constante dont elle dérive soit algébrique. C'est également de la détermination des courbes algébriques à torsion constante que dépend la construction des surfaces minima algébriques circonscrites à une sphère.

Il y aurait donc un intérêt réel à obtenir, parmi ces courbes à torsion constante que J.-A. Serret nous a appris à déterminer par trois quadratures, celles qui sont algébriques ou, seulement, unicursales. Même bornée aux courbes unicursales, la recherche se présente sous la forme d'un problème d'Algèbre supérieure, bien digne de tenter un disciple de Lagrange et de Cauchy. Malheureusement, malgré des efforts partiels qui nous ont donné des résultats assez étendus d'ailleurs, la solution complète et générale de cette belle et difficile question reste encore à trouver.

VI. — Les surfaces a courbure constante et leurs transformations.

Parmi les surfaces non développables du second degré, le paraboloïde de révolution et deux autres paraboloïdes imaginaires tangents au cercle de l'infini sont les seules dont nous sachions obtenir la déformation la plus générale. Lors du concours que l'Académie des Sciences de Paris institua en 1860 sur la déformation des surfaces, et qui réunit des concurrents tels que Bour, Ossian Bonnet, M. Codazzi et un autre géomètre italien dont Beltrami m'a confié le nom, Bour avait annoncé qu'il avait pu, en appliquant la célèbre méthode de variation des constantes due à Lagrange, déterminer toutes les surfaces applicables sur une surface quelconque de révolution et, en particulier, sur la sphère. Bour est mort peu de temps après, sans avoir pu confirmer le beau résultat qu'il avait obtenu; et son Mémoire, conservé chez Joseph Bertrand, a péri dans les incendies de la Commune. C'est en vain que, reprenant la voie ouverte par Bour, on a essayé de reconstituer sa méthode. Mais les efforts effectués dans cette direction ont été loin d'être infructueux. Ils nous ont fait connaître, en particulier, des procédés de transformation qui permettent de faire dériver, d'une surface applicable sur la sphère ou, ce qui est la même chose, d'une surface à courbure constante, une suite illimitée de surfaces de même définition. Ces méthodes de transformation des surfaces à courbure constante sont d'une simplicité et d'une élégance qui méritent de nous arrêter quelques instants.

Tous les pays ont pris part à leur élaboration progressive, depuis l'Italie, qui a commencé, jusqu'à l'extrême nord de l'Europe, qui a donné le couronnement. On a réussi à faire dériver de toute surface à courbure constante donnée une nouvelle surface de même courbure constante, qui dépend de deux paramètres; de sorte que la répétition de la méthode fournit sans cesse des surfaces nouvelles, qui contiennent dans leur équation des paramètres en nombre aussi grand qu'on peut le désirer.

Analytiquement tout se réduit à la considération d'un système, pour ainsi dire, unique en Analyse. La détermination des surfaces à courbure constante dépend de l'intégration de l'équation :

$$\text{(A)} \qquad \frac{\partial^2 2\omega}{\partial\alpha\,\partial\beta} = \sin 2\omega,$$

et il suffit de lui adjoindre le système suivant :

$$\text{(B)} \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial(\theta+\omega)}{\partial\alpha} = a\sin(\theta-\omega), \\[2ex] \dfrac{\partial(\theta-\omega)}{\partial\alpha} = \dfrac{1}{a}\sin(\theta+\omega), \end{cases}$$

où a désigne une constante quelconque, et qui ne peut avoir lieu *qu'entre deux solutions de l'équation* (A).

Si donc ω désigne une solution *quelconque* de l'équation (A), le système (B) en fournira une nouvelle solution θ, et cette solution nouvelle contiendra à la fois a et la constante introduite par l'intégration. Si on la porte dans le système (B) en considérant cette fois ω comme l'inconnue et changeant la valeur de a, on pourra recommencer, et l'on voit que l'application répétée de la méthode

Digitized by Google

introduira deux constantes nouvelles à chaque opération. Comme m'écrivait Sophus Lie dans son langage pittoresque, on aura ∞^4 surfaces. Et il a été établi depuis, par des méthodes élégantes, que, si l'on peut faire le premier pas et effectuer, *pour toute valeur de a*, la première application de la méthode, les intégrations suivantes ne présenteront plus aucune difficulté.

Lie était un géomètre trop inventif et trop original pour ne pas être frappé de la singularité et de l'intérêt de ces méthodes de transformation, qu'il avait contribué beaucoup à mettre sur pied. Il s'efforça, par une tentative hardie, d'en tirer parti pour la détermination des surfaces à courbure constante.

Il aimait à me confier ses recherches et leurs résultats. Je reçus un jour de lui une carte postale où il m'annonçait qu'il avait intégré l'équation aux dérivées partielles des surfaces à courbure constante. Je m'empressai, tout joyeux, de le féliciter. Hélas! Sophus Lie avait été victime d'Ampère.

Dans ses Mémoires fondamentaux sur les équations aux dérivées partielles, Ampère s'est attaché à bien préciser les objets de ses recherches; et, à une époque où l'on n'avait sur les diverses espèces de solutions : solutions particulières générales, complètes, singulières, que les notions un peu vagues dues à Euler et à Lagrange, il avait cru trouver une définition irréprochable de l'intégrale la plus générale dans le critère suivant : *De toutes les solutions de l'équation proposée, elle sera la seule qui ne satisfera à aucune autre équation aux dérivées partielles que celle proposée et toutes celles qu'on en déduit par différentiation.* Or Lie avait démontré, par quel procédé, je ne m'en souviens plus, que l'ensemble des surfaces à courbure constante qu'on peut faire dériver d'une surface donnée, par l'emploi répété des transformations précédentes, satisfait à la condition posée par Ampère. Il en concluait qu'il avait l'intégrale générale, et il avait peut-être raison. Malheureusement, c'est Ampère qui avait tort.

Chez un géomètre tel que Lie, les méprises mêmes sont fécondes. Il ne tarda pas à m'écrire, en me montrant, par des exemples ingénieusement choisis, le vice de la définition d'Ampère; et il prit sa revanche par une autre voie, en appliquant cette fois une méthode d'intégration que j'avais donnée autrefois, et qui doit fournir l'intégrale générale d'une équation aux dérivées partielles, toutes les fois que cette intégrale peut être exprimée en termes finis, ou, plus exactement, toutes les fois qu'elle appartient à la première classe, suivant la définition d'Ampère. Étudiant l'équation (A) et l'équation tout à fait équivalente :

$$(C) \qquad s^2 - rt = a^2(1 + p^2 + q^2)^2,$$

Lie montra que la méthode ne peut réussir. Ce résultat négatif est des plus précieux. Sans être décisif, il laisse peu d'espoir de voir confirmer un jour la découverte que Bour, ce géomètre pourtant si profond, nous avait annoncée [1].

VII. — La notion de l'intégrale générale, telle qu'elle a été donnée par Cauchy.

Dans cette causerie, que je poursuis d'une manière quelque peu irrégulière, j'ai été amené à vous parler de l'intégrale générale telle qu'Ampère avait été conduit à la concevoir. Cauchy, qui s'est attaché, lui aussi, à introduire la précision, et quelquefois même une trop grande précision, dans l'étude des différents problèmes du Calcul intégral, a levé toutes les difficultés relatives à ce sujet, en assujettissant chaque intégrale à remplir certaines conditions qui achèvent de la déterminer et permettent, en quelque sorte, de la distinguer de toutes les autres. Cette manière vraiment neuve de poser les problèmes de Calcul intégral a été la source d'immenses progrès. Les conditions initiales choisies par Cauchy étaient peut-être un peu restrictives; mais, par de simples changements de variables, il a été facile de les élargir, et j'ai proposé de désigner sous le nom de *problème de Cauchy*, qui a été unanimement adopté, celui qui consiste à déterminer et à caractériser l'intégrale qu'on cherche par des conditions initiales choisies d'une manière aussi large que possible. Par exemple, s'il s'agit d'une équation aux dérivées partielles à *deux* variables indépendantes, la surface intégrale sera assujettie à passer par une courbe donnée quelconque, quand l'équation sera de premier ordre; si l'équation est de second ordre, la surface intégrale devra, en outre, être inscrite le long de la courbe à une développable donnée; et ainsi de suite pour les ordres supérieurs. Ce nouveau point de vue devait conduire, de la manière la plus précise et dans tous les cas, à la notion des *caractéristiques*, qui était restée si vague dans les travaux de Monge : *les caractéristiques sont les assemblages pour lesquels le problème de Cauchy devient indéterminé.*

VIII. — Application aux surfaces minima. Le problème de Plateau.

Le problème de Cauchy, tel que nous venons de le formuler, a été résolu, pour les surfaces minima, à l'aide de formules élégantes qui portent le nom de l'auteur et sont universellement employées.

Il faut bien se garder de le confondre avec cette

[1] L'étude que Lie avait faite, au point de vue qui nous

Digitized by Google

recherche, d'une tout autre nature, et qui a pour objet la détermination d'une surface minima *continue* passant par un contour fermé. Sur ce point, il faut le reconnaître, nous sommes moins avancés que les physiciens. Pour obtenir la surface cherchée, Plateau se contentait de réaliser matériellement le contour qu'il avait en vue, et de le plonger ensuite dans une dissolution du liquide glycérique. Les géomètres n'ont pu rivaliser encore avec ces réalisations expérimentales. Leurs efforts ingénieux et habiles leur ont valu une foule de succès partiels. Les progrès réalisés dans l'étude du calcul des variations, les perfectionnements apportés à l'Analyse moderne et à la méthode si féconde des approximations successives leur permettront bientôt, j'en ai le ferme espoir, de résoudre dans toute sa généralité le beau problème que leur a légué Plateau, et d'enregistrer ainsi à leur actif un nouveau et brillant succès.

IX. — Progrès et problèmes de la théorie des cartes géographiques. Représentation géodésique. Problème de Tchebychef.

Comme l'étude des surfaces minima, la théorie des cartes géographiques a vu naître bien des problèmes intéressants. On s'est proposé, par exemple, de rechercher si la correspondance établie par plans tangents parallèles entre deux surfaces quelconques peut donner une représentation conforme de l'une des surfaces sur l'autre; cette recherche a été étendue à la correspondance qui s'établit, entre deux surfaces quelconques, par les points de contact d'une sphère qui doit être tangente à l'une et à l'autre. En étudiant une propriété de la projection centrale, comme Lambert avait étudié une propriété de la projection stéréographique, Beltrami a été conduit à s'écarter du point de vue qui, entre les mains de Lagrange et de Gauss, avait donné des résultats si parfaits, et à rechercher s'il est possible de faire une carte d'une surface donnée, assujettie à cette unique condition que les géodésiques de la surface soient représentées par les droites du plan. Son élégante analyse lui a montré que ce mode de *représentation géodésique* ne pouvait intervenir que dans le cas des surfaces à courbure constante. A leur tour, les études et les résultats de Beltrami ont été étendus à la correspondance entre deux surfaces quelconques et nous ont valu des propriétés nouvelles de cette forme de l'élément linéaire qui porte les noms de Liouville et de Jacobi.

Un géomètre russe, Tchebychef, qui occupe une place à part dans le développement des Mathématiques modernes, nous a proposé un nouveau et curieux sujet de recherche, qu'on peut présenter comme il suit, en le généralisant quelque peu. Imaginons un filet tel que ceux dans lesquels les dames enferment leurs cheveux, ou tel encore qu'en portent les personnes qui se rendent au marché. Quelles que soient leurs formes et leurs dimensions, ces filets sont toujours composés de deux séries de fils rattachés en leurs points de rencontre, de telle manière que, pour chaque maille, les angles seuls des côtés puissent varier, mais non leurs longueurs. Imaginons qu'on pose un pareil filet sur une surface ou, ce qui revient au même, qu'on introduise un corps solide, terminé par une surface quelconque, à l'intérieur du filet, et proposons-nous de déterminer la forme que prendra le filet. Analytiquement, cela revient à mettre l'élément linéaire de la surface considérée sous la forme :

$$ds^2 = A^2 d\alpha^2 + C^2 d\beta^2 + 2AC\cos\theta\, d\alpha\, d\beta,$$

où A et C désignent des fonctions données de α et de β et θ une fonction *inconnue*. Tchebychef s'est borné au cas où l'on a :

$$A = C = 1$$

et, suivant sa coutume, il s'est contenté de rechercher des solutions approchées de son problème. Il n'avait pas remarqué que, dans le cas de la sphère, sa solution complète et générale peut être rattachée à la détermination des surfaces à courbure constante négative, en ce sens que chaque surface à courbure constante négative donne, par la représentation sphérique de ses lignes asymptotiques, une solution du problème de Tchebychef sur la sphère, et *vice versa*.

X. — Les surfaces a courbure constante négative et les formes quadratiques de différentielles. Géométrie non euclidienne.

Vous le voyez, mes chers Collègues, c'est en vain que nous voudrions échapper à ces surfaces à courbure constante, qui paraissent, au premier abord, si particulières. C'est le cas de répéter le vers du poète :

Je l'évite partout, partout il me poursuit.

Elles se présentent à nous, dans toutes les recherches que nous entreprenons, en vertu sans doute de ces propriétés d'invariance qui sont mises en évidence par le théorème de Gauss. Mais, il faut le remarquer aussi, cette étude emprunte un intérêt

---

occupe, de l'équation (A) a été étendue depuis, par un jeune géomètre, à l'équation plus générale :

$$s = f(x, y, z).$$

Elle l'a été aussi à l'équation plus générale :

$$s = f(x, y, z, p, q).$$

Digitized by Google

exceptionnel aux relations si étroites qu'elle présente avec ces recherches sur les principes de la Géométrie qui ont été inaugurées par les travaux de Lobatschefsky, de Gauss, de Bolyai et de Riemann. Ce beau et vaste sujet, auquel s'attachent passionnément les géomètres modernes, mériterait à lui seul une étude spéciale. Je me bornerai, pour le moment, à remarquer que Riemann, en le rattachant à la considération d'une forme quadratique de différentielles, a introduit par cela même, en Géométrie infinitésimale, un élément d'étude et de coordination appelé à jouer dans toutes les recherches le rôle le plus essentiel.

Riemann et Beltrami avaient ouvert la voie : l'un en définissant, l'autre en étudiant, d'une manière détaillée, la notion des espaces *à courbure constante*, qui est, en quelque sorte, adéquate à la Géométrie non euclidienne. Depuis, Lipschitz et Christoffel ont envisagé les formes quadratiques de différentielles dans toute leur généralité; et leurs savantes recherches, accueillies partout avec grande faveur, ont été poursuivies avec beaucoup de succès dans ce pays. Il faut s'en réjouir, car les formes quadratiques de différentielles interviennent pour ainsi dire partout. On sait le rôle capital qui leur a été assigné dans la Mécanique analytique par les immortelles découvertes de Lagrange; pour se borner à la Géométrie, on les obtient, non seulement en formant les éléments linéaires des surfaces et des espaces à un nombre quelconque de dimensions, mais aussi en calculant le moment de deux droites infiniment voisines, l'angle de deux sphères infiniment voisines, etc. L'étude en a été beaucoup avancée en ce qui concerne la partie différentielle et invariantive; on a même rattaché à leur considération un nouveau genre de calcul qui forme une extension curieuse du calcul différentiel. On a commencé aussi à étudier dans toute sa généralité le premier et le plus élémentaire des problèmes de cette théorie : je veux dire la recherche des conditions qui sont nécessaires et suffisantes pour que deux formes soient *applicables* l'une sur l'autre. Dans sa partie délicate et difficile, cette recherche se ramène évidemment à celle des formes quadratiques qu'on peut transformer en elles-mêmes par une suite continue de substitutions. Ici, les magistrales découvertes de Lie sur la théorie des groupes ont trouvé, et trouveront sans doute encore, un beau champ d'application.

XI. — Réduction des problèmes les uns aux autres. Procédés de récurrence. Surfaces isothermiques. Déformation des surfaces du second degré.

Les progrès récents de l'Analyse nous ont conduits à envisager sous un point de vue tout nouveau l'intégration des équations différentielles et aux dérivées partielles. Nous savons aujourd'hui qu'on doit le plus souvent renoncer à les intégrer dans le sens ancien du mot; qu'il faudra les étudier directement, les classer, les ramener les unes aux autres, rechercher, s'il y a lieu, les transformations qui les reproduisent. Cette étude commence à peine, et elle exigera de longs efforts; mais, dès à présent, il est permis d'affirmer que la Géométrie infinitésimale offrira, le moment venu, à l'Analyse les applications les plus intéressantes, et surtout les exemples les plus précieux.

Nous avons déjà signalé les méthodes de transformation des surfaces à courbure constante. On pourrait presque dire que ces procédés de récurrence sont de règle en Géométrie, car on les retrouve partout.

Considérons, par exemple, les surfaces *isothermiques*, c'est-à-dire les surfaces dont les lignes de courbure forment un système isotherme. Leur détermination dépend d'une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre, qu'on a réussi à écrire sous les formes les plus symétriques, mais dont l'intégration constitue peut-être le problème le plus difficile qu'on rencontre en Géométrie. On en connaît, il est vrai, de nombreuses intégrales particulières : les surfaces du second degré, les cyclides les plus générales, les surfaces de révolution, celles dont la courbure moyenne est constante, certaines surfaces à lignes de courbure planes dans un système, etc., sont des surfaces isothermiques; mais, en comparaison de l'intégrale générale qui, suivant la veille terminologie, doit comprendre quatre fonctions arbitraires, ces solutions particulières ne comptent pour ainsi dire pas. Ici toutefois, comme dans la théorie des surfaces à courbure constante, certaines constructions géométriques des plus simples permettent de rattacher, par de simples quadratures, à chaque surface isothermique, toute une série de surfaces isothermiques nouvelles, dans la définition desquelles figurera un nombre de constantes de plus en plus grand. On pourrait donc être tenté de reprendre les efforts de Lie, pour déduire de cet ensemble de solutions l'intégrale générale elle-même, en s'appuyant, non plus sur les conceptions d'Ampère, mais sur la définition correcte de l'intégrale générale, telle qu'elle a été donnée par Cauchy. Permettez-moi d'ajourner ce genre de considérations, et de passer à un autre exemple d'un intérêt tout actuel, dans lequel il s'agit, non de la transformation d'une équation en elle-même, mais de la réduction d'un problème à un autre, différent et plus simple.

Il semble que, dans son développement, la Géométrie infinitésimale soit appelée à suivre les

Digitized by Google

mêmes voies que l'analyse de Descartes. La déformation de la sphère avait d'abord occupé les géomètres; la marche naturelle de leurs études les a amenés à s'occuper de la déformation des surfaces générales du second degré. Deux voies différentes ont été suivies pour l'étude de cette belle question. Les uns se sont attachés, et ont réussi, à constituer des procédés de récurrence, des méthodes de transformation analogues à celles qu'on avait données pour les surfaces à courbure constante. Les autres ont essayé de rattacher le problème nouveau qui leur était posé au problème, plus simple dans son énoncé, de la déformation de la sphère, et ils y sont parvenus dans un assez grand nombre de cas : pour le paraboloïde quelconque, pour toutes les quadriques de révolution, et même pour la surface plus générale assujettie à l'unique condition d'être tangente *en un seul point* au cercle de l'infini. Ce résultat peut-il s'étendre encore à la surface quadrique la plus générale? La réponse à cette question, qu'elle soit affirmative ou négative, sera également intéressante dans les deux cas. Je crois bien qu'elle ne tardera pas à être donnée; mais pour le moment je suis réduit à dire, en parlant latin dans la Ville Éternelle :

Adhuc sub judice lis est.

XII. — Les équations linéaires aux dérivées partielles et leur rôle en Géométrie infinitésimale.

Il semble bien, d'après ce qui précède, que la Géométrie infinitésimale soit destinée à devenir en quelque sorte une illustration de cette partie du Calcul infinitésimal qui traite des équations aux dérivées partielles. Et cependant je ne vous ai encore rien dit des relations étroites, presque surprenantes, qu'elle présente avec les équations *linéaires* aux dérivées partielles à deux variables indépendantes. Ces équations, qui se présentent aussi, mais sous une forme différente, en Physique mathématique, avaient été déjà considérées par Laplace, qui avait donné, pour les intégrer, une méthode vraiment originale. L'étude analytique en a été reprise par Riemann et Moutard. On en a perfectionné la théorie, constitué pour elles une théorie spéciale des invariants. En particulier, celles dont les invariants sont égaux forment un groupe d'un intérêt exceptionnel. Moutard avait indiqué, pour les intégrer quand cela est possible, une méthode qui laissait prise aux objections, mais qui s'est trouvée exacte. De sorte que les recherches géométriques ont contribué ici encore à perfectionner les théories analytiques.

Elles nous ont même posé des problèmes auxquels l'Analyse n'aurait pas songé d'elle-même. C'est ainsi que, parmi ces équations linéaires, se sont révélées comme particulièrement dignes d'être formées et étudiées celles qui possèdent un ou plusieurs groupes de solutions particulières liées par une équation quadratique. Par exemple, la recherche des surfaces à courbure constante se ramène à celle des équations de la forme :

$$\text{(D)} \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial\alpha\,\partial\beta} = zK(\alpha, \beta),$$

qui possèdent trois solutions dont la somme des carrés est égale à l'unité. Celle des surfaces isothermiques se ramène également à celle des équations de même forme possédant cinq solutions pour lesquelles la somme des carrés est nulle, etc.

Parmi les questions dont la solution dépend exclusivement de l'intégration d'une équation linéaire, deux doivent être plus particulièrement mises en évidence : le problème de la représentation sphérique et le problème de la déformation infiniment petite. Ils se ramènent l'un à l'autre, et la solution en peut aujourd'hui être considérée comme complètement achevée.

En particulier, la théorie de la déformation infiniment petite constitue la première application un peu étendue d'une méthode qui paraît appelée à un grand avenir.

XIII. — Le système auxiliaire en Géométrie. Déformation finie et déformation infiniment petite.

Étant donné un système d'équations différentielles ou aux dérivées partielles qui contient un certain nombre de fonctions inconnues, il y a lieu de lui adjoindre un système que nous avons appelé *auxiliaire* et qui détermine les solutions du système infiniment voisines d'un système quelconque, donné à l'avance, de solutions. Le système auxiliaire est évidemment linéaire. Son étude, relativement facile, fournit les renseignements les plus précieux sur le système primitif lui-même, et sur la possibilité d'en obtenir l'intégration. Par exemple, en ce qui concerne la déformation d'une surface, l'application des critères de Laplace à l'équation auxiliaire permettra de reconnaître s'il est possible d'intégrer l'équation aux dérivées partielles dont dépend la solution complète et générale du problème.

La considération de la déformation infiniment petite permet encore d'appliquer au problème de la déformation finie un théorème de Cauchy qui, aujourd'hui encore, est à peine connu, mais qui excitait l'admiration de Liouville, ce juge si sévère et si difficile, surtout pour les travaux de Cauchy.

Digitized by Google

Le grand géomètre a montré qu'on peut étendre aux équations aux dérivées partielles un théorème démontré depuis longtemps par Lagrange pour les équations linéaires aux dérivées ordinaires et intégrer, *par de simples quadratures*, tout système linéaire non homogène d'équations aux dérivées partielles, quand on a obtenu l'intégrale générale de ce même système, rendu homogène par la suppression des seconds membres des équations.

D'après cela, si l'on veut trouver les surfaces qui résultent de la déformation d'une surface donnée, on pourra, comme je l'ai montré dans mes *Leçons*, résoudre avec une approximation aussi grande qu'on le voudra, et par de simples quadratures, le problème de la déformation finie, toutes les fois qu'on aura intégré l'équation linéaire de la forme (D) dont dépend la solution complète du problème de la déformation infiniment petite.

XIV. — Élargissement des cadres de la Géométrie. Nécessité de méthodes générales et uniformes permettant les simplifications nécessaires.

J'espère, mes chers Collègues, vous avoir montré que, même en nous bornant aux parties anciennes et déjà explorées, nous trouvons devant nous bien des questions qui peuvent tenter et les géomètres et les analystes. Mais que dire de cette partie presque intacte de la Géométrie qui nous a été léguée par les travaux de Plücker, de Sophus Lie et de leurs successeurs? Il ne leur a pas suffi d'introduire le plan et de le considérer, au même titre que le point, comme un élément de l'espace. La théorie des polaires réciproques avait rompu les digues. Au point et au plan sont venus s'adjoindre successivement la ligne droite, la sphère, le cercle, puis les courbes et les surfaces accompagnées de leurs plans tangents; on a même réuni ces êtres déjà si complexes en assemblages, qu'on s'est plu à considérer eux-mêmes comme des éléments primordiaux. L'étude des relations infinitésimales est à peine commencée pour cette nouvelle Géométrie. C'est tout au plus si l'on a ébauché la théorie de la ligne droite et de la sphère, reliées l'une à l'autre par l'admirable transformation de Sophus Lie. Le cercle et l'hélice ont donné lieu à quelques recherches; on a, en quelque sorte, isolé et étudié certaines classes de congruences rectilignes parmi lesquelles il faut signaler les congruences *isotropes* de Ribaucour, qui jouent un rôle si élégant dans la théorie des surfaces minima; on a perfectionné en plusieurs points la théorie des systèmes de coordonnées curvilignes et, en particulier, des systèmes triples de surfaces orthogonales. Mais les progrès ultérieurs dépendront exclusivement de l'ordre, de l'uniformité et de la généralité qu'on parviendra à introduire dans les méthodes. C'est à ce prix seulement qu'on pourra réaliser, dans cette branche, les simplifications sans lesquelles tout progrès deviendrait impossible. J'ai confiance qu'ici, comme ailleurs, l'extrême généralité des problèmes engendrera la simplicité des solutions.

Gaston Darboux,

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

LA MASSE MATÉRIELLE DES CORPS EST-ELLE VARIABLE?

La Physique moderne a-t-elle démontré que ce que la Mécanique rationnelle appelle *masse* est variable avec la vitesse, et qu'ainsi cette science est renversée jusque dans ses fondements? Nous ne le croyons pas. Les phénomènes de radio-activité récemment découverts ont donné lieu à des théories et des idées nouvelles que l'on a exprimées, non par des mots nouveaux, comme il eût été prudent de le faire, mais par des termes anciens, ainsi détournés de leur signification primitive. Il en est résulté que les mêmes mots ont pris des significations différentes chez les divers auteurs, et qu'il est parfois difficile de se rendre un compte exact de leurs pensées. C'est surtout dans la Mécanique, et à propos des mots *masse* et *inertie* et même *matière*, que cette espèce d'anarchie s'est montrée de la manière la plus apparente. Par exemple, en prenant l'inertie de la matière pour une force, une résistance, on est arrivé à la conclusion que cette résistance est nulle, ce qui est vrai, et à cette autre que la *masse matérielle est nulle*, ce qui est évidemment faux.

I

Dans un article sur la *Dynamique de l'Electron*, l'illustre savant Henri Poincaré a mis en pleine lumière la différence entre la signification du mot *masse* dans la Physique nouvelle et celle du même mot dans la Mécanique.

Il résulte des travaux théoriques d'Abraham que les *corpuscules cathodiques*, possédant, nous dit M. Poincaré, « une double inertie, leur inertie propre d'abord, et l'inertie apparente due à la self-

Digitized by Google

induction qui produit les mêmes effets..., auront une masse totale apparente composée de leur *masse réelle* et d'une *masse fictive* d'origine électromagnétique. Le calcul montre que cette masse fictive varie avec la vitesse, et que la force d'inertie de self-induction n'est pas la même quand la vitesse du projectile s'accélère ou se ralentit, ou bien quand elle est déviée; il en est donc de même de la force d'inertie apparente totale. La masse totale apparente n'est donc pas la même quand la force réelle appliquée au corpuscule est parallèle à sa vitesse et tend à en faire varier la grandeur, et quand cette force est perpendiculaire à la vitesse et tend à en faire varier la direction. Il faut donc distinguer la *masse totale longitudinale* et la *masse totale transversale*. Ces deux masses totales dépendent, d'ailleurs, de la vitesse[1] » ... « Les calculs d'Abraham nous font connaître la loi suivant laquelle la masse *fictive* varie en fonction de la vitesse; l'expérience de Kaufmann nous fait connaître la loi de variation de la masse *totale*. La comparaison de ces deux lois nous permettra donc de déterminer le rapport de la masse *réelle* à la masse totale... Le résultat est bien surprenant : *la masse réelle est nulle*[2]. »

La conclusion naturelle serait, nous semble-t-il, celle qu'indique M. Lucien Poincaré (page 297 de *La Physique moderne*, Paris, 1906) : « L'électron doit être considéré comme une simple charge électrique privée de matière. » Ajoutons que, si l'on traite, par le calcul, l'*inertie comme une force*, on doit la trouver nulle, puisque, tout au contraire, elle ne représente qu'une incapacité absolue à résister à l'action d'une *force motrice* quelconque. Ce qui ne signifie pas, bien entendu, que la *masse* soit nulle.

Mais, écrit encore M. Henri Poincaré, « on a étendu à tous les corps ce qu'on n'avait démontré que pour les corpuscules cathodiques. Ce que nous appelons *masse* ne serait qu'une apparence; toute inertie serait d'origine électromagnétique. Mais alors la masse ne serait plus constante, elle augmenterait avec la vitesse... Le principe B de la Mécanique ne serait plus vrai ». C'est-à-dire que l'accélération ne serait plus égale au quotient de la force motrice par le coefficient *masse*.

Examinons quelle interprétation la Mécanique doit donner à ces théories et à ces déductions.

II

La Mécanique rationnelle repose en entier sur l'*axiome de l'inertie de la matière*, bien compris dans toute son étendue. La mesure de la masse d'un corps et son invariabilité en sont des conséquences immédiates. Par suite, s'il était démontré expérimentalement, et sans conteste, que la masse mécanique des corps restant inaltérés est variable avec la vitesse ou autrement, il serait prouvé du même coup que la matière n'est pas inerte; qu'au contraire, elle est douée d'une vertu intime qui lui permet de se donner à elle-même du mouvement sans le secours d'aucune intervention extérieure, qu'elle est douée de ce que l'on appelle *force*. Cela n'est peut-être pas impossible; seulement nous sommes encore loin d'entrevoir les modalités de cet état de choses inconnu. Mais il est certain que toute la Mécanique ordinaire serait ébranlée, aussi bien que la Géométrie le serait, s'il était démontré sans conteste que par un même point on peut mener deux perpendiculaires à une même droite.

III

La mode s'est malheureusement introduite dans maints ouvrages d'employer indifféremment le mot *masse* pour le mot *poids* et réciproquement. Ce ne sont pourtant pas là des grandeurs égales, — car P n'est pas égal à P/g, — ni même des grandeurs de même nature. Elles ne sont pas exprimées dans les mêmes unités; car, pour un même corps, le poids P varie suivant le lieu qu'il occupe (longitude, latitude, altitude), tandis que la masse P/g, représentant la *force motrice* à exercer pour donner, par unité de temps, l'unité d'accélération à ce corps, est une quantité absolument indépendante de l'endroit occupé.

L'unité de masse n'est pas la même que l'unité de poids.

Vingt francs, c'est une somme d'argent exprimée en francs; mais vingt francs *par mètre d'étoffe*, c'est *un prix* exprimé en *unités de prix*.

Deux mètres, c'est une distance exprimée en *unités de distance;* mais une distance parcourue *par seconde*, c'est une *vitesse*, qui s'exprime en *unités de vitesse*.

Une augmentation de vitesse, c'est encore une vitesse exprimée en unités de vitesse; mais un accroissement de vitesse donné *par seconde*, c'est une *accélération* qui s'exprime en *unités d'accélération*.

Un effort P qui, appliqué seul à un point matériel, lui donne par seconde une accélération g, c'est une *force motrice* égale au poids de ce point, et elle est exprimée en kilogrammes. Mais P/g représente *la force motrice par unité d'accélération* donnée au point, quantité qui mesure la masse du point; c'est donc une *masse* exprimée en *unités de masse*.

[1] Voir *Revue générale des Sciences*, 30 mai 1908, p. 387.
[2] *Loc. cit.*, p. 388.

Digitized by Google

IV

La matière est inerte. Tel est l'axiome fondamental de la Mécanique rationnelle. La matière ne peut rien se donner ni se retrancher par elle-même, sans le secours d'une intervention étrangère; et elle ne peut non plus s'opposer en rien à l'action de causes extérieures, quelles qu'elles soient (attraction universelle, chaleur, électricité...), tendant à modifier son état de mouvement. Ces causes, appelées *forces*, peuvent être mesurées par les effets qu'elles produisent sur la matière, puisque celle-ci — c'est en cela qu'on la dit inerte — ne peut empêcher que l'effet soit égal à la cause.

Quelque petite que soit la force résultante appliquée à un corps quelconque, celui-ci lui cédera sans pouvoir aucunement y résister. L'inertie n'est pas une faculté de résister aux forces extérieures, c'est, au contraire, l'*impuissance absolue* de résister, de diminuer ou d'augmenter l'action des forces extérieures. C'est une qualité *négative absolue*, non susceptible d'une intensité plus ou moins grande, et non pas une grandeur mesurable. Si, comme dans l'énoncé du principe de d'Alembert[1], on parle de *forces d'inertie* ou de *réactions d'inertie*, on entend par là simplement des *forces fictives* égales, mais opposées aux résultantes des forces agissant sur les divers points du système considéré.

Le mouvement des corps est compliqué. Ils sont composés de corpuscules très petits, reliés entre eux par des forces intérieures inter-atomiques, ce qui n'est pas sans influence sur les mouvements particuliers pris par les divers points sous l'action des forces extérieures. Par exemple, si une tige de piston est comprimée entre une puissance et une résistance, ses différents points matériels sont déplacés les uns par rapport aux autres malgré les forces élastiques mises en jeu ; et la puissance ne peut donner de l'accélération à la tige sans avoir fait préalablement le travail nécessaire pour produire ces déformations. De telle sorte que la *force motrice réelle*, celle qui n'a d'autre mission que de faire mouvoir la tige, ne résulte pas seulement des deux forces extérieures à la tige, la puissance et la résistance, mais aussi des forces élastiques, mises en jeu par l'action de ces dernières.

De plus, excepté dans un cas particulier qui ne se présente peut-être jamais en pratique, le mouvement d'un corps sous l'action de forces extérieures est compliqué de rotation et de translation, ce qui amène fatalement aussi des complications dans l'exposé de plusieurs propositions de la Mécanique.

Aussi, malgré le danger de certaines généralisations ultérieures, autorisé par l'exemple de M. Henri Poincaré[1], nous n'envisagerons pas ici des corps composés, mais uniquement des points matériels isolés, non susceptibles de rotation sur eux-mêmes, et non déformables, de manière que toute action de force extérieure se réduise à influer sur la *direction* et la *grandeur de la vitesse* du mouvement, ces deux éléments dépendant de la *direction* et de la *grandeur* de la *force motrice*, ou résultante, agissant sur le point considéré, puisque la matière est supposée inerte.

Évidemment un point infiniment petit ne peut être soumis qu'à des forces également petites; mais, suivant l'usage, nous n'aurons pas égard à cette considération, parce qu'elle n'intervient pas, pour le modifier, sur ce que nous avons à dire.

Enfin, nous supposons que les points matériels considérés se meuvent dans le vide absolu sans risquer de rencontrer et choquer des voisins, sans subir l'attraction newtonienne, qui n'est, du reste, qu'une force extérieure parmi les autres. La Mécanique rationnelle établit ses lois d'une manière générale, sans mettre à sa base cette attraction, sans égard à la nature physique ou à l'origine des forces en jeu, ne prenant en considération que leurs grandeurs et leurs directions.

V

Dans ces conditions, on déduit immédiatement de l'axiome de l'inertie de la matière que :

1° Si un point ou corpuscule matériel, isolé dans un espace sans résistance, est libre, s'il ne subit l'action d'aucune force extérieure, il ne peut rien changer par lui-même, ni à la direction, ni à la vitesse de son mouvement ; il se meut en ligne droite et d'un mouvement uniforme de vitesse v.

2° Si un point matériel, possédant la vitesse v dans une direction déterminée, est soumis à une *force motrice* F' *longitudinale*, c'est-à-dire agissant dans cette même direction, cette force n'aura aucune puissance pour produire une déviation; la trajectoire restera donc rectiligne ; la force F' sera *entièrement* utilisée à changer la grandeur de la vitesse, à donner une certaine accélération γ'.

3° Parce que la matière est inerte, cette accélération γ' est nécessairement proportionnelle à la force motrice F' qui l'a produite. Si cette force est constante, il en sera de même de son effet, l'accélération.

4° Parmi toutes les grandeurs de force motrice

[1] Voir Duhem : *L'évolution de la Mécanique* (Paris, 1905), p. 43 et 63.

[1] Voir *Revue générale des Sciences* du 30 mai 1908. La Dynamique de l'Electron.

Digitized by Google

longitudinale, il en est une, une seule, qui, par unité de temps, donne au point considéré une accélération égale à l'unité. Soit m cette grandeur spéciale pour un corpuscule déterminé. On peut affirmer que la force F', qui donne à ce corpuscule une accélération égale à γ' unités, est γ' fois plus grande que m, qui lui donne l'accélération 1. Donc :

$$F' = m\gamma'.$$

La même force motrice longitudinale F', agissant sur un autre point mobile, lui donne une accélération de j unités, différente de γ'. On en déduit que la force m_1 qui lui donnerait l'accélération 1 par unité de temps, est égale à

$$\frac{F'}{j} = m_1.$$

Cette grandeur est donc propre à caractériser les divers points matériels sous le rapport de l'action des forces extérieures motrices. Ce que la Mécanique appelle *masse* d'un point est proportionnel à cette force m, capable de lui imprimer l'unité d'accélération dans l'unité de temps. On peut choisir les unités de force et de masse de telle façon que l'une et l'autre aient la même mesure. C'est ce qui a été fait en pratique.

Nous ne chercherons pas ici à définir la *notion de masse*, pas plus que celles de force, de matière, d'espace, de temps, de vitesse, de travail, etc., etc. Le sauvage et l'enfant qui ont manipulé des fardeaux et lancé des projectiles se font une idée assez claire de la *masse* par la grandeur des efforts qu'ils font pour remuer des corps ou leur donner plus ou moins de vitesse. Partant de là, la Mécanique n'a plus à fournir que le moyen de mesurer la masse, et une unité qui convienne.

Nous remarquerons seulement que la *masse ainsi mesurée* ne peut en aucune façon dépendre de la grandeur de la vitesse v du mobile, puisque, pendant l'action d'une force longitudinale constante, la vitesse varie. Donc, dire que la masse d'un point matériel varie avec sa vitesse, c'est nier le principe de l'inertie; c'est affirmer, tout au moins, que la matière peut créer ou anéantir du mouvement sans le secours des forces.

5° Si une *force motrice* F'' agit perpendiculairement à la direction de la vitesse v, elle n'aura aucune puissance pour changer la grandeur de cette vitesse, qui restera v; mais elle sera entièrement employée à en changer la direction, à produire une déviation, à courber la trajectoire. Elle est, en ce cas, dite transversale. Sous cette action, les choses se passent comme si la force F'' donnait au mobile une accélération instantanée dans la direction normale à la trajectoire, dans le sens vers le centre du cercle osculateur. Et l'on démontre que cette accélération γ'' est égale à v^2/r, r étant le rayon du cercle osculateur.

En effet, le point matériel M (fig. 1) suit d'abord la direction MA avec une vitesse constante v. Arrivé en A, il subit l'action d'une force F'', qui change, d'un angle infiniment petit α, la direction de sa vitesse sans en altérer la grandeur, et le point suit ensuite la direction AC. En vertu du principe même de l'inertie, ce changement ne peut être dû qu'à une force agissant dans la direction de l'accélération γ'' et avec l'intensité $m\gamma''$. Or si, dans la figure, on fait AB $= v$ et AC $= v$, on voit que BC

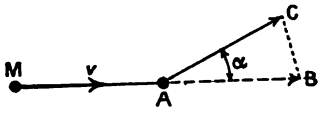


Fig. 1.

représente en grandeur et en direction l'accélération γ'' donnée par la force F'' dans l'unité de temps. On a donc :

$$\gamma'' = BC = 2v \sin\frac{\alpha}{2},$$

et par suite :

$$F'' = m.2v \sin\frac{\alpha}{2}.$$

Pour éliminer la quantité indéfiniment petite α, introduisons la relation :

$$v = \alpha r;$$

nous aurons :

$$F'' = m\frac{v^2}{r}\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} = m\frac{v^2}{r},$$

puisque α est indéfiniment petit.

On voit donc qu'il existe deux manifestations différentes de l'inertie, l'une concernant la *grandeur* de la vitesse, l'autre sa *direction*.

L'accélération de vitesse γ', produite par une force motrice longitudinale F' a la même direction que la vitesse v et est indépendante de la grandeur de cette vitesse. Elle fait connaître la masse par l'équation :

$$\frac{F'}{\gamma'} = m,$$

Mais l'accélération γ'', donnée par une force transversale F'', ne change aucunement la grandeur de la vitesse v; elle a une direction perpendiculaire à cette vitesse, et une grandeur proportionnelle, directement au carré de cette vitesse, et inversement au rayon de courbure. En vertu de l'axiome de l'inertie de la matière, l'accélération fait aussi connaître la masse par l'équation :

$$\frac{F''}{\gamma''} = m.$$

Digitized by Google

Ce n'est pas la masse qui varie avec la vitesse dans ce cas, c'est l'accélération. Sur le même point matériel inerte, une même force donne toujours la même accélération et dans sa propre direction, que le point soit ou non en mouvement. Si la force F', longitudinale, est égale à la force F'' transversale, l'accélération longitudinale γ' sera égale à l'accélération transversale γ'' et, par conséquent, à v^2/r.

Et si la force F agit obliquement, elle se compose des deux forces perpendiculaires F' et F'' suivant la loi

$$F = \sqrt{F'^2 + F''^2};$$

et, parce que $F = m\gamma$, sans que la masse en soit changée, on a :

$$\gamma = \sqrt{\gamma'^2 + \gamma''^2}.$$

Si, pour un même point, il y avait *deux masses*, l'une transversale et l'autre longitudinale, pour la même raison, il y aurait *une infinité de masses obliques*, et cette dénomination perdrait toute signification.

6° L'idée que l'inertie est une force mesurable donne lieu à de déplorables confusions.

Par exemple, que peut signifier l'expression *vaincre l'inertie* d'un corps, — disons d'un point matériel ? Si les forces extérieures appliquées à ce point se font équilibre, elles n'affecteront en rien son état de mouvement. Si, au contraire, elles ont une résultante F, c'est-à-dire une *force motrice* F, celle-ci produira tout son effet en vertu de l'axiome d'inertie, et cet effet sera une accélération de vitesse $\gamma = F/m$ dans la direction même de la résultante. Ce n'est pas l'inertie qui est vaincue; ce sont les composantes de la résultante, et ce qui reste, la résultante, seule force motrice, modifie nécessairement le mouvement.

L'expression « mesurer l'inertie d'un corps » n'est pas plus compréhensible. Dire que la masse est la mesure de l'inertie autorise la question : Qu'est-ce donc que cette *quantité* qu'on appelle inertie ? La masse d'un point matériel mesure l'effort nécessaire pour donner à ce point, par unité de temps, une unité d'accélération. Nous l'avons dit, ce que l'on appelle *réactions d'inertie* dans l'énoncé du principe de d'Alembert, ce sont des forces *fictives* égales et opposées aux résultantes des forces extérieures agissant sur chaque point du système considéré. Ce sont donc, outre des fictions, des quantités arbitraires impropres à caractériser les points matériels, puisque les forces extérieures sont données arbitrairement.

Des expressions même reçues, comme celle-ci : « L'inertie d'un corps s'oppose à toute variation de sa vitesse », présentent le danger de laisser croire que l'inertie est une force intime qui s'oppose à l'action de toute force motrice extérieure. Il serait plus conforme à l'axiome fondamental de dire que cette incapacité appelée inertie signifie que tout changement de mouvement est dû à une *force motrice extérieure*, et que l'effet de cette force est exactement égal à sa cause.

VI

La Mécanique rationnelle ne prend en considération ni la nature, ni l'origine des forces, mais uniquement leur grandeur et leur direction Il convient cependant de faire ressortir les particularités que présentent certaines d'entre elles (frottements, résistances de milieux), qui ne prennent naissance que s'il y a mouvement, et à cause du mouvement même.

Quand un mobile se déplace dans un milieu résistant, que ce soit quelque fluide envisagé dans la Mécanique ordinaire, ou bien un champ magnétique défini par les électriciens, etc., il naît, par l'effet des perturbations apportées dans le champ, des réactions de celui-ci qui s'opposent au mouvement du corps (frottements, self-induction, etc.). En d'autres termes, le mobile, ou plutôt la force qui le meut, doit fournir ce qui est nécessaire pour déplacer les particules élémentaires composant le milieu, malgré les forces qui les relient entre elles; et c'est ce qui permet de considérer le milieu comme constituant une résistance au mouvement du corps considéré.

Cette résistance, évidemment nulle quand le mobile est au repos, dans le milieu aussi supposé en repos, croît nécessairement avec sa vitesse[1]. Et, parce que la matière est inerte, elle finirait à la longue par épuiser cette vitesse et arrêter le corps, si une force extérieure F n'intervenait pour la surmonter. Quand cette force F est précisément égale et directement opposée à la résistance R du milieu, de quelque nature que soit celle-ci (attraction, électromagnétisme, ou autre), il n'y a aucune résultante qui produise une variation du mouvement; en d'autres termes, il n'y a aucune *force motrice* agissant sur le mobile, et sa vitesse reste nécessairement constante, et sa trajectoire rectiligne. On peut donc affirmer que, lorsqu'un corpuscule se meut en ligne droite et uniformément dans un milieu résistant, c'est qu'il est soumis à une force extérieure F exactement égale à la résistance R du milieu, c'est-à-dire que $F - R = 0$, qu'il n'existe donc pas de *force motrice*.

Si cet équilibre n'existe pas, ces deux forces ont une résultante ou *force motrice f* égale à $F - R$, dépendant de la vitesse, puisque la résistance R en

[1] Nous supposons le milieu au repos avant la perturbation, pour n'avoir pas à considérer les vitesses relatives.

Digitized by Google

est une fonction, même au cas où la force F serait constante. C'est uniquement cette force motrice f qui réglera l'accélération γ suivant la loi fondamentale de l'inertie : $f = m\gamma$.

Par conséquent, la force extérieure F sera donnée par l'équation :

$$F = f + R = m\gamma + R.$$

Lorsque les forces extérieures F et R varient, en général, la force motrice f varie également, et γ varie en conséquence; mais m, la masse du mobile, reste invariable, étant une quantité absolument indépendante des forces qui agissent sur le mobile.

Si la vitesse de celui-ci est très grande, la résistance R est aussi très grande ; et, pour que l'accélération γ soit accessible à nos moyens de mesure, il faut que la force extérieure devienne énorme, surtout quand il s'agit de vitesses de 300.000 kilomètres par seconde. La masse m en est-elle moins invariable ?

On pourrait introduire une masse fictive μ, qui serait celle du milieu auquel on supposerait la même accélération γ qu'au mobile, en faisant :

$$\mu = \frac{R}{\gamma},$$

d'où :

$$F = f + R = (m + \mu)\gamma.$$

Ce serait un procédé purement mathématique pour exprimer la résistance du milieu. Mais cette masse μ, simplement fictive, variable avec la vitesse v, serait tout autre que la masse réelle m du mobile lui-même. Elle appartiendrait plutôt au milieu. Le mobile, en se mouvant, déplace les particules M composant le milieu, leur donnant des accélérations x, comme le fait une carène s'avançant dans l'eau. Il faut donc que la force extérieure F qui pousse le mobile fournisse le nécessaire pour opérer ces déplacements, disons $\Sigma M x = R$, c'est-à-dire la résistance du milieu, qu'on pourra toujours représenter par un produit $\mu\gamma$, l'accélération γ étant donnée d'autre part. Et la force extérieure F peut donc être représentée par la somme des deux quantités $\mu\gamma$ et $m\gamma$. Seulement, dans la réalité, la masse vraie du mobile, m, ne dépend en rien de la masse fictive moyenne μ des particules du milieu mises en branle par la marche du mobile. La masse fictive μ, au contraire, dépend de la vitesse et de l'accélération du mouvement des corpuscules dans le milieu. Le mot *masse* est mal appliqué quand on veut lui faire désigner la résistance d'un champ quelconque.

VII

Conclusion. — En employant le mot *inertie* sans en préciser le sens suffisamment pour fournir le moyen de la mesurer, et en employant le mot *masse* dans une acception tout autre qu'en Mécanique rationnelle, les nouvelles doctrines physiques n'ont en aucune façon démontré que la *masse réelle* des corps soit variable, et n'ont par conséquent nullement ébranlé l'édifice de cette science. Mais elles menacent d'introduire dans son enseignement une déplorable confusion, que celui-là a le devoir de signaler qui l'a vue clairement.

V. Dwelshauvers-Dery,
Professeur émérite à l'Université de Liége.

LES IDÉES NOUVELLES SUR L'ORIGINE DES ESPÈCES PAR MUTATION

Il y a une dizaine d'années, si l'on avait demandé à un biologiste d'exposer les idées courantes sur la Variation, il est bien probable qu'il se serait exprimé, à peu de chose près, comme je vais le faire, en me supposant rajeuni :

L'observation la plus banale montre que, parmi les individus de ce que l'on est convenu d'appeler une espèce, il y a des différences plus ou moins notables, qui peuvent porter sur tous les caractères descriptifs possibles, externes, anatomiques, physiologiques ou psychologiques. Si l'on essaie de mettre un peu d'ordre dans le fouillis des documents, il semble qu'on peut établir deux grandes catégories de variations : *faibles* ou *continues* d'une part, *fortes* ou *discontinues* d'autre part.

Pour les variations faibles ou continues, le meilleur type que l'on puisse citer est, par exemple, la stature de l'Homme : dans un groupe ethnique donné, si l'on range par rang de taille tous les individus adultes, on obtient une série à peu près continue, ou que l'on peut concevoir comme continue, à condition d'examiner un nombre considérable d'hommes, la différence qui sépare chaque classe d'individus des classes voisines étant très faible. Il est commode d'exprimer cette variation d'une façon graphique : soient deux lignes perpendiculaires, X et Y; sur l'axe horizontal des X, nous porterons les hauteurs (*variantes* V) exprimées

Digitized by Google

en millimètres par exemple, et sur cet axe, au niveau de chaque chiffre porté, on élèvera une perpendiculaire ou ordonnée dont la longueur sera proportionnelle au nombre (*fréquence f*) des individus présentant cette dimension (*classe*). En réunissant les extrémités des ordonnées, on obtient une figure qui est le *polygone de fréquence* ou *polygone de variation*. On appelle *mode* la classe avec la plus grande fréquence, c'est-à-dire renfermant le plus grand nombre d'individus; on appelle *moyenne* (A) l'abscisse abaissée du centre de gravité du polygone de fréquence; on la trouve par le calcul suivant : on multiplie la grandeur de chaque classe par sa fréquence et on additionne les produits; la somme est divisée par le nombre total (n) des individus mesurés :

$$A = \frac{\Sigma (V \times f)}{n}.$$

Le polygone de fréquence peut être symétrique par rapport au mode, celui-ci coïncidant alors avec la moyenne, c'est-à-dire qu'il y a autant de chances pour qu'il y ait variation en moins que variation en plus du type moyen; ce polygone symétrique coïncide approximativement avec la courbe connue en Mathématiques sous le nom de *courbe d'erreur* ou *courbe normale*.

Plus fréquemment le polygone de fréquence, au lieu d'être symétrique par rapport au mode, peut être plus ou moins asymétrique (fig. 1); dans ce cas, la moyenne ne coïncide pas avec le mode (nombre des dents du rostre chez la Crevette *Palæmonetes varians*; nombre des bras de l'Astérie *Solaster papposus*).

Enfin la courbe de fréquence, au lieu d'être *monomodale*, peut être *multimodale*, quand elle présente deux ou plusieurs maxima (longueur des pinces chez les mâles de *Forficula auricularia*, longueur de la corne céphalique chez les mâles du Coléoptère *Xylotrupes gideon*); ces courbes très intéressantes indiquent que l'on opère sur un matériel hétérogène, qui renferme par exemple deux populations ou deux types mélangés, chacun ayant son propre polygone de fréquence.

On a ainsi étudié, par ce procédé, les variations continues d'un grand nombre de caractères qui se prêtent à la mesure; on a même établi des courbes pour des caractères non mesurables en chiffres, par exemple des couleurs plus ou moins foncées ou claires (couleur des yeux et du pelage d'animaux), en établissant une échelle conventionnelle de classes.

Mais, à côté de ces variations continues, pouvant entrer dans un polygone de fréquence, d'une façon plus ou moins naturelle, il en est d'autres qui, par leur nature même ou leur rareté, se prêtent mal ou même ne se prêtent pas du tout à la confection d'une courbe : à côté de la Souris grise des maisons, il y a une variété toute noire, une toute jaune, une entièrement brune, une absolument blanche avec des yeux rouges, une gris perle à yeux rouges, etc., chacune de ces formes étant nettement séparée des voisines, sans aucun passage entre elles; la Mante religieuse, verte d'habitude, a une forme couleur feuille morte; des Coléoptères à élytres métalliques bleues ou vertes ont des variants à élytres bronzées, vivant ensemble dans la même localité; parmi les Gastéropodes à coquille enroulée comme un *Helix* normal (dextre), on trouve, très rarement, des individus sénestres, qui sont au type normal ce qu'est par rapport à un objet son image dans une glace; on connaît des individus réverses chez les Poissons plats, chez l'Homme, etc. Il y a des Mammifères angoras (Chat, Chèvre, Lapin) et d'autres à peau absolument nue, sans poils (Cheval, Chien); les anomalies de nombre ne se comptent plus (doigts surnuméraires, Echinodermes tétra- ou hexamères au lieu d'être pentamères, races algérienne et kaschmyrienne de Moutons à quatre cornes, mamelles surnuméraires, etc.). Faut-il citer encore l'apparition de jumeaux, de l'hermaphrodisme chez une espèce habituellement à sexes séparés, le facies boule-dogue des Chiens et des Bœufs nâtos, le facies basset des Chiens et des Moutons Ancon?

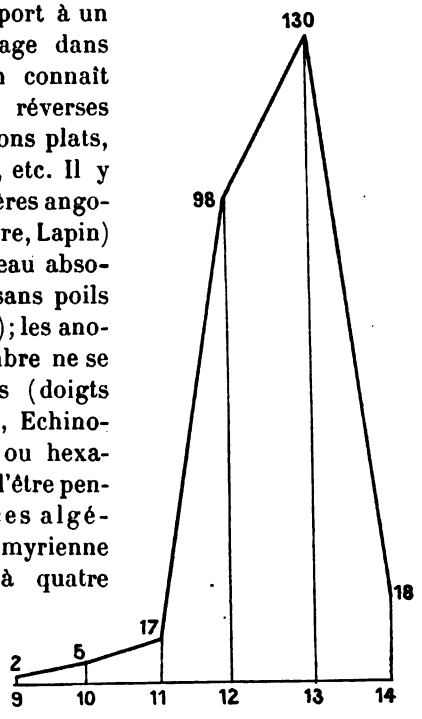


Fig. 1. — *Polygone de fréquence du nombre de bras d'une Etoile de mer (Solaster papposus), compté sur 270 individus provenant de localités variées.*

Classes. . .	9	10	11	12	13	14 bras.
Fréquences.	2	5	17	98	130	18 indiv.

Mode : 13 bras — Moyenne : 12,49.

Toutes ces variations, qui se comptent par milliers, se distinguent assez facilement des variations continues parce qu'elles sont souvent très rares, et ne sont pas reliées au type normal par des intermédiaires visibles; on les désigne par divers noms imprécis et plus ou moins synonymes : variations fortes, sports, mutations[1], aberrations (spéciale-

[1] Le mot mutation est employé ici dans le sens purement morphologique, à l'exemple de l'abbé Stabile (1864), et non pas dans le sens plus précis et particulier que lui attribue le paléontologiste Waagen (1869); récemment De Vries a encore employé ce terme avec une acception différente.

Digitized by Google

ment pour les Lépidoptères), taxies, saltations, anomalies, dystrophies, monstruosités.

Quant à l'importance de ces deux sortes de variations, au point de vue de l'origine des espèces, les avis étaient partagés. Assurément, les espèces, telles que nous les connaissons, proviennent de variations fixées; tout le monde est d'accord; mais

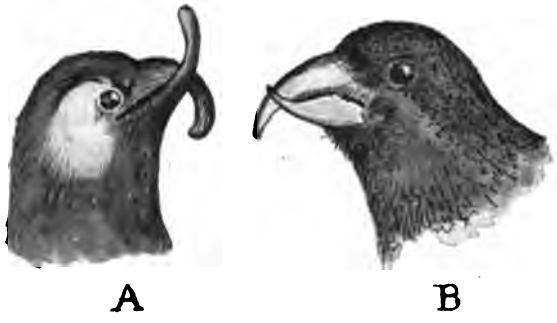


Fig. 2. — A, *tête de Mesange* (*Parus major*) *présentant une anomalie du bec* (d'après Parona); B, *tête de Bec-croisé* (*Loxia curvirostra*), *montrant a l'état normal une conformation analogue.*

de quelles variations? Les fortes ou les faibles, ou bien de toutes deux?

On a bien remarqué, depuis longtemps, que beaucoup d'espèces diffèrent entre elles par des caractères qui paraissent être de l'ordre des sports ou variations brusques; et l'on a pu dire qu'il n'y a pas de configuration bizarre, exceptionnelle, caractéristique d'espèce, qui ne soit connue à l'état de variation forte chez des formes voisines. La hernie céphalique du Casoar est tout à fait semblable à la proencéphalie de certaines Poules (races de Houdan, Crèvecœur, Padoue, Hollandaise); le *Loxia curvi-*

Fig. 3. — A, *tête d'Antilope à quatre cornes* (*Tetraceros quadricornis*) *de l'Inde*; B, *tête de Mouton Barbarin à quatre cornes.*

rostra a normalement les deux branches du bec qui se croisent (fig. 2, B), mais ce caractère a été signalé souvent comme variation chez divers Oiseaux domestiques et sauvages. Le Cheval est solipède comme une race roumaine de Porcs; une Antilope tétracère de l'Inde a deux paires de cornes comme une race algérienne de Moutons, née d'une variation brusque (B, fig. 3); la Physe est un Mollusque sénestre d'une façon constante, exactement comme les anomalies d'espèces dextres d'*Helix*, *Buccinum*, *Fusus*, etc. Le fruit d'une Courge sauvage (*Cucumis momordica*) éclate et se fend en morceaux lorsqu'il est mûr, à peu près comme celui d'une variété algérienne de *Cucumis melo*, qui annonce sa maturité par la même dislocation spontanée.

Cependant ces parallélismes curieux, dont on pourrait multiplier les exemples, ne paraissent pas avoir frappé beaucoup de biologistes; on compterait ceux qui ont parlé d'origine tératologique des espèces, toujours du reste avec une certaine réserve (Is. Geoffroy Saint-Hilaire, Camerano, Clos, Hallez, etc.). Du reste, une grosse difficulté empêchait de généraliser et fournissait une arme trop facile à la critique : ces sports sont toujours rares, exceptionnels, très souvent mal doués pour l'existence; et tout le monde pensait que ces variations singulières, même en admettant que les animaux qui les présentent fussent viables, ne pouvaient manquer de s'atténuer et de s'éteindre par les croisements répétés et inévitables avec la souche normale, prépondérante à la fois par sa vigueur et par le nombre de ses individus. Le fait est que les races d'animaux domestiques ou les variétés de plantes cultivées qui doivent leur origine à des variations extraordinaires et bizarres sont souvent délicates, et exigent pour se maintenir des soins continuels.

Reste donc, pour l'immense généralité des cas, la variation lente ou continue. On connaît la thèse de Darwin; il a eu l'idée géniale de rapprocher le processus naturel de la formation des espèces de celui qu'emploie l'homme pour former ses races améliorées d'animaux et de plantes : l'élimination lente des variants les moins aptes à vivre dans un milieu donné, la sélection toujours dans le même sens des variants les plus aptes, devaient, dans l'esprit de Darwin et de ses continuateurs, amener, entre le point de départ et la forme la plus apte, une divergence parfaitement comparable à celle qui existe entre espèces naturelles. Ce processus donne en même temps une explication tellement satisfaisante des adaptations qu'on comprend le succès durable de la conception darwinienne.

I. — Les idées actuelles sur la Variation.

Actuellement, on conçoit la Variation d'une façon très notablement différente; ce changement d'opinion est la conséquence : d'une part, des belles recherches expérimentales de De Vries, qui ont coordonné, expliqué et confirmé de nombreuses observations antérieures; et, d'autre part, de la notion, récemment introduite, des caractères-unités, dérivée elle-même des expériences de Mendel sur l'Hérédité.

Digitized by Google

Au lieu de classer les variations d'après leur aspect morphologique ou extérieur, pour ainsi dire, on les groupe, ce qui est infiniment plus intéressant, d'après leur valeur au point de vue de la transmission héréditaire.

Tout d'abord, il faut retirer des Variations un grand nombre de pseudo-variations, qui ne sont pas du tout transmissibles, et qui étaient autrefois confondues avec les héréditaires; qu'on les appelle modifications somatiques, somations, caractères épharmoniques (*pro parte*), allomorphoses, etc., c'est une catégorie à retirer des variations, pour ne laisser dans celles-ci que ce qui est susceptible de transmission. Le nombre de ces pseudo-variations est, du reste, considérable, et l'expérience permet seule de décider de leur nature : ainsi, la plupart des aberrations de Papillons, dues à l'action du froid ou de la chaleur sur les pupes fraîches, dans la période sensible, et qu'on peut d'ailleurs reproduire expérimentalement, ne sont pas du tout transmissibles. Les caractères arctiques et alpins de certaines plantes, dus à l'action du milieu sur le soma, ne sont pas non plus héréditaires, puisque la plante prise dans la montagne et cultivée ensuite dans la plaine change complètement d'aspect. Il en est encore de même pour la forme sénestre des *Helix*; toutes les fois qu'on a effectué des croisements entre échantillons sénestres d'*Helix pomatia*, on a obtenu uniquement des petits dextres, normaux (pas moins de 696 dans les deux expériences de Lang et de Künkel), et ces petits dextres, accouplés entre eux, n'ont encore donné que des dextres, sans aucun rappel de la pseudo-variation grande parente.

Donc, on ne comprendra parmi les variations que celles qui se transmettent à un degré quelconque, et il y a lieu d'établir entre elles des catégories, sans doute provisoires, basées justement sur la force de transmission. Nous distinguerons les *variations fluctuantes* ou *fluctuations*, les variétés *ever-sporting*, et les *variations mutatives* ou *mutations*.

II. — Fluctuations. Expériences fondamentales.

1. *Maïs.* — De Vries, reprenant un essai ancien de Fritz Müller, entreprend d'augmenter par sélection le nombre de rangées de graines dans l'épi de Maïs; la variété choisie fructifie régulièrement sous le climat d'Amsterdam et présente en moyenne 12-14 rangées de graines, les extrêmes individuels étant de 8 et de 20 rangées. De Vries choisit un épi ayant 16 rangées et sème ses graines en 1887 ; la descendance donne une moyenne de 14-16 rangées, avec 22 comme extrême supérieur. Dans ce lot, quelques bons épis, portant 20 rangées, sont mis à part pour la continuation de l'expérience. Le semis est répété pendant six générations successives, chaque fois le plus bel épi parmi ceux à nombreuses rangées étant choisi comme porte-graines. A la fin de l'expérience (sept ans), la moyenne de la variété a atteint 20 rangées, l'extrême inférieur étant 12, et l'extrême supérieur 28, nombre qui ne se voyait jamais dans la variété du début. Mais cette moyenne nouvelle va-t-elle rester constante ? La culture est continuée pendant quelques générations, en choisissant comme porte-graines des épis ayant moins de la nouvelle moyenne : l'amélioration de la race disparaît très rapidement, et, en deux ou trois saisons, elle est ramenée exactement à son point de départ.

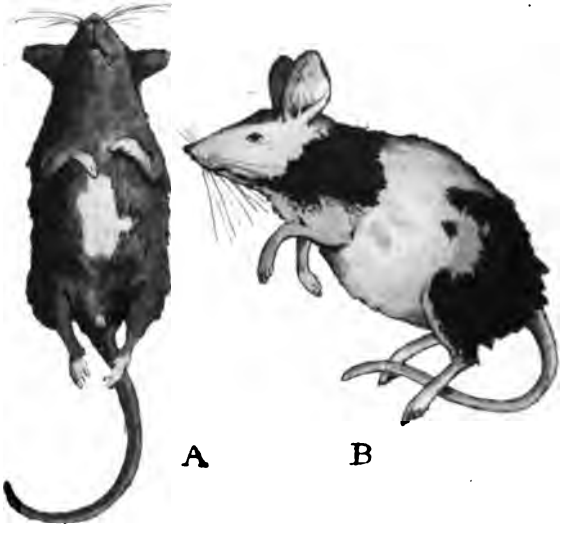


Fig. 4. — A, *Souris grise prise à l'état sauvage et présentant un début de panachure (tache blanche sous le ventre)*; B, *Souris noire fortement panachée, montrant les deux zones qui persistent, malgré une sélection longtemps continuée.*

2. *Panachure des Souris.* — Il n'est pas très rare de trouver à l'état sauvage des Souris grises qui présentent dans leur pelage, sous le ventre, une petite tache blanche (fig. 4, A), ou bien dont la queue présente vers l'extrémité distale une zone blanche plus ou moins étendue. Ces variants peuvent être pris comme point de départ d'une expérience analogue à celle de De Vries. Le caractère de la panachure est transmissible, mais avec une notable fluctuation, les petits pouvant être plus ou moins panachés que les parents. A chaque génération, on supprime les Souris qui présentent le moins de blanc, et on croise entre eux les meilleurs individus. Les parties blanches augmentent lentement, mais assez régulièrement, à chaque génération; le blanc envahit les membres, croît sur les flancs jusqu'à gagner la face dorsale et des-

Digitized by Google

siner une ceinture complète; puis le blanc envahit le museau, puis la tête; finalement il ne reste plus (fig. 4, B) que deux régions pigmentées, toutes deux dorsales, une antérieure sur les épaules, et une postérieure sur la croupe. En un peu plus de deux ans et demi, j'ai obtenu des Souris très fortement panachées, toutes différentes des parents originels; mais l'expérience a une limite; on a beau sélecter les Souris les plus panachées, il est impossible de faire disparaître les deux taches dorsales. La race nouvelle est-elle fixe? En aucune façon; quand on conserve sans sélection la progéniture de deux Souris très panachées, on constate que les petits, tous panachés, ont cependant plus ou moins de blanc, quelques-uns étant beaucoup moins bien tachetés que leurs parents; et si on les laisse se reproduire entre eux, sans aucune sélection, on ne tarde pas, en quelques générations, à voir redescendre l'étendue des zones blanches, et finalement on obtient une population bigarrée, avec des individus de robe uniforme ou à peine tachetée, et des individus plus ou moins panachés.

On pourrait multiplier les exemples analogues: l'amélioration de la Betterave, au point de vue de sa teneur en sucre, a été en honneur depuis environ cinquante ans, mais le maximum de teneur a été obtenu en très peu d'années à partir du point de départ (de 15 à 16 °/₀, avec un minimum de 10 °/₀ et un maximum de 20 ou 21 °/₀). Maintenant la sélection continuée, avec grand soin, des plus hautes fluctuations de la teneur en sucre ne peut que maintenir la moyenne au point où elle a été amenée des années auparavant.

On désignera sous le nom de *variabilité fluctuante* ou de *fluctuation* ce phénomène universel qui peut atteindre chaque individu ou chaque organe; c'est une variabilité linéaire, limitée à un accroissement ou à une diminution du caractère, exprimable par un polygone de fréquence monomodal. Les fluctuations sont fortement influencées par les conditions de milieu; c'est ainsi que, d'une année à une autre, d'une station à une autre, le polygone de variation fluctuante n'est pas le même. En sélectant le caractère dans un sens déterminé, on provoque une marche du caractère dans ce sens; il y a déplacement progressif du niveau moyen autour duquel oscillent les fluctuations de l'organe; chaque pas gagné constitue un nouveau centre d'oscillation pour les fluctuations de la génération suivante. Par une sélection sévère, on arrive très rapidement au maximum de la fluctuation, mais ce niveau élevé ne se maintient qu'autant que la sélection est continuée, et s'abaisse aussitôt, dès qu'on l'interrompt, pour revenir à peu près au niveau originel de l'espèce.

III. — Variétés « ever-sporting ».

Ce terme anglais, imaginé par De Vries, est difficilement traduisible en français; je l'expliquerai par un exemple : la variété striée du Pied-d'alouette des jardins porte, comme on sait, des fleurs roses striées de bleu, des fleurs moitié rose et bleu, et en même temps des fleurs bleues monochromatiques, soit sur le même rameau, soit sur des branches différentes; les fleurs bleues, auto-fécondées, fournissent des graines d'où sortent des plantes à fleurs variées, et il en est toujours de même. Ces déviations ou *sports* se produisent annuellement, régulièrement, depuis des siècles, et il est impossible de les empêcher par la sélection la plus sévère; c'est une variété qui « *sporte toujours* », *ever-sporting*, ou, en d'autres termes, qui présente une constante variabilité. Dans le règne végétal, il y a de nombreux exemples de variétés *ever-sporting*, et De Vries a étudié en détail plusieurs d'entre elles.

Une variété de Gueule-de-Loup (*Antirrhinum majus luteum rubro-striatum*) présente sur le même pied des fleurs jaunes avec des stries rouges qui sont parfois imperceptibles et parfois peuvent aller jusqu'à envahir toute la région jaune, e aussi des fleurs entièrement rouges, sans trace de jaune.

Deux types de fleurs, les mieux striées d'une part, les rouges uniformes d'autre part, sont auto-fécondées, et leurs graines semées séparément. Les graines de fleurs striées donnent 90 à 98 °/₀ de plantes qui répètent leur particularité, 2 à 10 °/₀ donnant des plantes à fleurs d'un rouge uniforme; les graines de fleurs rouges donnent de 71 à 84 °/₀ de plantes à fleurs rouges, les autres 16 à 29 °/₀ portant des fleurs striées; et les mêmes phénomènes se reproduisent indéfiniment.

Les fleurs doubles (par ex. le *Chrysanthemum segetum plenum*), le Trèfle à cinq feuilles, les Pavots polycéphales, dont les étamines sont transformées en pistils, les plantes fasciées, les formes à cotylédons triples ou soudés, fournissent des exemples analogues; la sélection la plus soignée n'amène jamais à la formation d'une race uniforme; il y a toujours des atavistes plus ou moins nombreux; et la contre-sélection, si elle rend l'anomalie plus rare, n'arrive pas à l'extirper complètement.

Comme pour la variation fluctuante, le mode de culture, le milieu, pour mieux dire, exerce une influence considérable sur le développement des anomalies *ever-sporting*. Par exemple, pour qu'un Pavot polycéphale développe bien sa carpellomanie, il lui faut un sol bien fumé, du soleil, de l'humidité, de la place, tandis qu'en l'absence de ces conditions favorables, des fleurs de même ori-

Digitized by Google

gine présentent un développement beaucoup moins grand des carpelles accessoires.

Dans le règne animal, on connaît un bel exemple de variété *ever-sporting*. Il y a une race de Poissons rouges (*Carassius auratus*), élevée originairement en Chine depuis des siècles, qui présente toute une série d'anomalies (fig. 5) : queue trilobée ou quadrilobée, absence de nageoire dorsale, corps globuleux, exophtalmie prononcée, etc.; le caractère fondamental, la queue double, ne peut être fixé avec certitude, malgré une sélection longtemps continuée ; deux Poissons, choisis parmi les exemplaires les mieux dotés au point de vue de l'anomalie caudale, donnent une progéniture très variée, parmi laquelle il y a des individus qui atteignent ou dépassent l'anomalie parentale, d'autres qui restent inférieurs, d'autres enfin qui ont une nageoire caudale simple, tout à fait normale. De

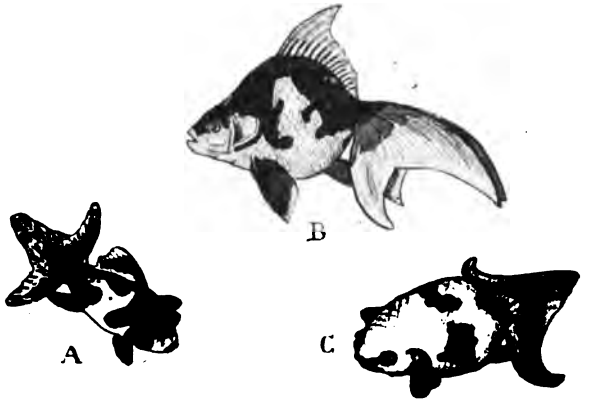


Fig. 5. — *Variétés ever-sporting de Poisson rouge* (*Carassius auratus*), *d'après une peinture japonaise.* — A, poisson-télescope (variété *demé* des Japonais), à yeux saillants; B, variété *ryukin*, à longues nageoires et à corps globuleux; C, variété *ranchu*, à corps globuleux, tête courte, sans nageoire dorsale.

même lorsqu'on croise deux Poissons à nageoire simple, mais provenant de la race en question, leur descendance renferme immanquablement des individus à queue double, parfois très développée, avec tous les degrés entre la normalité et cet état.

Il est assez probable, bien que l'on soit mal renseigné à ce sujet, que la race des Chats sans queue (île de Man, Touraine, etc.) est aussi une race *ever-sporting*, et que ce caractère ne peut être fixé avec exactitude.

IV. — Mutations.

La mutation est une variation, forte ou faible, qui apparaît brusquement dans l'espèce jusque-là uniforme : elle possède la propriété d'être transmissible dans son entier, sans atténuation. Lorsque la variation est forte et singulière, aucun intermédiaire ne relie le mutant au type normal ; lorsque la mutation n'est pas extraordinaire, elle peut être noyée au milieu des variations fluctuantes, et ce sera seulement sa puissance héréditaire qui permettra de la déceler. Enfin, la mutation, une fois produite, est absolument indépendante des conditions de milieu et reste identique à elle-même.

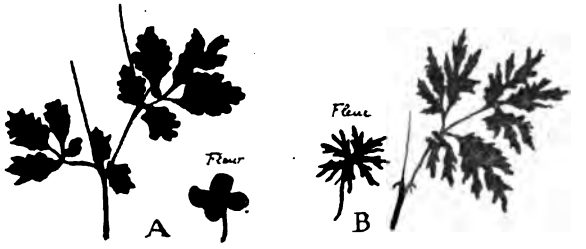


Fig. 6. — A, *grande Chélidoine* (*Chelidonium majus*), *type normal*; B, *sa mutation laciniée* (*Ch. laciniatum*).

On connaît un nombre considérable de mutations, aussi bien dans le règne végétal que dans le règne animal, et, s'il y a toujours une certaine incertitude sur la date réelle de leur apparition, cette incertitude n'est que relative. L'une des plus anciennement connues est la mutation laciniée de la grande Chélidoine (*Chelidonium majus*) ; en 1590, un pharmacien de Heidelberg, Sprenger, trouva dans son jardin, où il cultivait des plantes officinales, une nouvelle forme de Chélidoine, qui se distinguait de la forme habituelle, cultivée par lui, par des feuilles et des pétales profondément divisés (fig. 6); il l'envoya à divers botanistes, qui tous la déclarèrent inconnue et nouvelle. Cette mutation est rarement vue à l'état sauvage; elle est entièrement constante de graine, et, depuis l'époque de Sprenger, elle s'est conservée dans les jardins botaniques absolument identique à elle-même, sans aucun retour à la forme *majus* originelle.

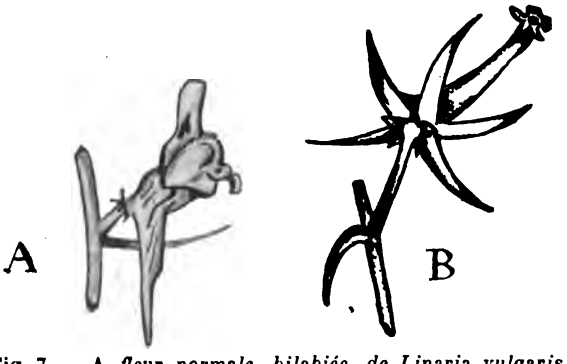


Fig. 7. — A, *fleur normale, bilabiée, de Linaria vulgaris*; B, *fleur pélorique à symétrie radiale* (d'après De Vries).

Dans un semis considérable de *Linaria vulgaris*, De Vries a vu apparaître une mutation pélorique, qui, au lieu des fleurs bilabiées habituelles, portait uniquement des fleurs péloriques, à symétrie radiale et à cinq éperons au lieu d'un (fig. 7). Cette mutation apparaît de temps en temps dans la

Digitized by Google

nature : Zioberg, un élève de Linné, la trouva en 1744 aux environs d'Upsala ; Link la signala près de Göttingen vers 1791, et Ratzeburg aux environs de Berlin en 1825 ; la forme pélorique se développe spontanément dans des stations visitées souvent par les botanistes avant son apparition, persiste un certain temps et disparaît; elle est, en effet, stérile par auto-fécondation et ne produit des graines que fécondée par le type normal.

Les jardins sont remplis de mutations : la forme blanche des *Campanula* bleues, du *Lychnis chalcedonica* rouge, du *Salvia sylvestris* violette, la forme rose du *Silene armeria* violacé, la forme à larges pétales du *Chelidonium majus*, la forme à fruits inermes du *Datura stramonium*, la pélorie terminale du *Digitalis purpurea*, etc.

Un groupe de mutations est particulièrement célèbre; ce sont celles de l'*Œnothera Lamarckiana*; cette plante est sûrement d'origine américaine, comme toutes les Onagres, bien qu'on ne l'ait pas encore retrouvée à l'état sauvage; elle a été introduite en Europe vers 1756, dans les jardins de Haarlem, et de là, tantôt cultivée, tantôt à l'état marron, elle s'est multipliée dans divers pays. De Vries, en 1886, la rencontra en abondance dans un champ abandonné près d'Hilversum, aux environs d'Amsterdam, et constata que cette espèce était accompagnée de formes légèrement, mais certainement distinctes, qui, transportées dans un jardin d'expérience, se montrèrent constantes, à la façon des petites espèces jordaniennes. L'*Œnothera Lamarckiana*, cultivée en masse tant à Amsterdam qu'aux États-Unis, fournit un nombre considérable de mutants, 3 à 4 %, qui ont reçu des noms spéciaux, et dont les plus intéressants sont les suivants :

Lævifolia, à feuilles lisses, se rencontre à l'état de nature; fertile par auto-fécondation.
Brevistylis, à courts styles, se rencontre à l'état de nature; très incomplètement fertile, mais se croise bien avec le type *Lamarckiana*, qui est dominant sur le mutant.
Nanella, naine, fertile.
Gigas, la plus belle et la moins fréquente des mutations.
Rubrinervis, mutant plus robuste et croissant plus vite que le type; s'hybride avec lui et le domine partiellement.
Albida, mutation très délicate.
Oblonga, la plus fréquente des mutations.
Lata, à étamines sans pollen, ne peut qu'être hybridé, mais réapparaît dans la descendance de l'hybride.
Scintillans, forme *ever-sporting*, qui donne par auto-fécondation toutes sortes de types : *scintillans*, *Lamarckiana*, *oblonga*, *lata* et *nanella*.
Elliptica, forme *ever-sporting*.

La plupart de ces mutations sont considérées par De Vries comme de *petites espèces* ou espèces élémentaires; lorsqu'on les croise avec le type *Lamarckiana*, dont elles dérivent sans aucun doute, les hybrides se comportent exactement, au point de vue de la transmission des caractères des mutants, comme ceux que l'on obtient par le croisement de *Lamarckiana* avec de bonnes espèces d'*Œnothera*, telles que *biennis*, *cruciata* ou *muricata*. Le grand nombre de mutants obtenus avec quasi-certitude, lorsqu'on sème un nombre considérable de graines d'*Œnothera Lamarckiana*, permet de croire que cette plante est, à notre époque, dans un état particulier, ce que De Vries a appelé la *période de mutabilité*; il serait bien intéressant de retrouver la plante dans son habitat originel, si elle existe encore en Amérique, pour établir la comparaison.

Les mutations animales sont aussi fréquentes et aussi connues que les mutations végétales.

On connaît la date approximative d'apparition d'un certain nombre d'entre elles : la race de Moutons Ancon, à pattes courtes et torses et à dos long, véritables Bassets, provient de deux jumeaux apparus en Amérique (Massachusetts) vers 1798; la race de Moutons mérinos, à laine longue et soyeuse de Mauchamp, date d'un unique agneau mâle né en 1828. On signale en 1770 un Taureau sans cornes né au Paraguay, et bien des fois cette mutation a réapparu dans les pays les plus variés, en 1861 dans la Meuse, en 1874 en Sicile, en 1889 dans le Kansas (origine du Bœuf Hereford sans cornes). Les porcs syndactyles, à un seul sabot, de la région du bas Danube, sont signalés déjà par Aristote et Pline. Le Pigeon culbutant courte face date de 1850. Blue Cap, un bélier de race Leicester-Teeswater, ayant une tache bleue sur la tête, a été le progéniteur d'une race présentant cette particularité, la Wensleydale d'Australie. En 1760, on gardait à Buenos-Ayres, comme curiosité, quelques Bœufs dits *nâtos*, qui provenaient probablement des troupeaux des Indiens du sud de la Plata; ces Bœufs étaient aux autres races ce que sont les Bouledogues par rapport aux Chiens normaux : le cou et la tête courts, les narines retroussées, un fort prognathisme inférieur empêchant les lèvres de se joindre. Cette mutation, qui a apparu également en Europe, a persisté jusqu'à nos jours, et Darwin a vu deux petits troupeaux de nâtos dans son voyage dans l'Amérique du Sud; dans les périodes de sécheresse, cette race est placée dans des conditions désavantageuses, par suite du prognathisme qui l'empêche de cueillir de petites branches d'arbres, comme le fait le bétail ordinaire, pour suppléer au manque d'herbe.

Non seulement les races domestiques sont une collection des mutations les plus variées, mais on peut en trouver, chez les espèces sauvages, d'exactement parallèles à celles des Œnothères. Je mentionnerai, en particulier, la belle étude faite par Tower sur des Chrysomélides américains du genre *Leptinotarsa* (fig. 8). Si l'on recueille par milliers

Digitized by Google

(208.891 individus) des exemplaires de *Leptinotarsa decemlineata*, parasite de la Pomme de terre, on rencontre infailliblement des mutants dénommés *melanicum*, *tortuosa*, *minuta*, *pallida*, *rubrivittata*, etc.; ces mutants sont presque toujours fort rares, 1 pour 6.000 normaux, sauf dans une localité du Maryland, où Tower a trouvé un mutant pour 143 normaux. Ces mutants, croisés entre eux, transmettent intégralement leurs caractères à leurs descendants; croisés avec le type normal, ils donnent des hybrides qui se disjoignent ensuite suivant les règles mendéliennes. Dans un champ surveillé, la mutation *pallida* se multiplie plus vite, semble-t-il, que le *decemlineata* type, et paraît capable de le supplanter; toutefois, il n'en est pas de même dans la Nature, autant qu'on le sache.

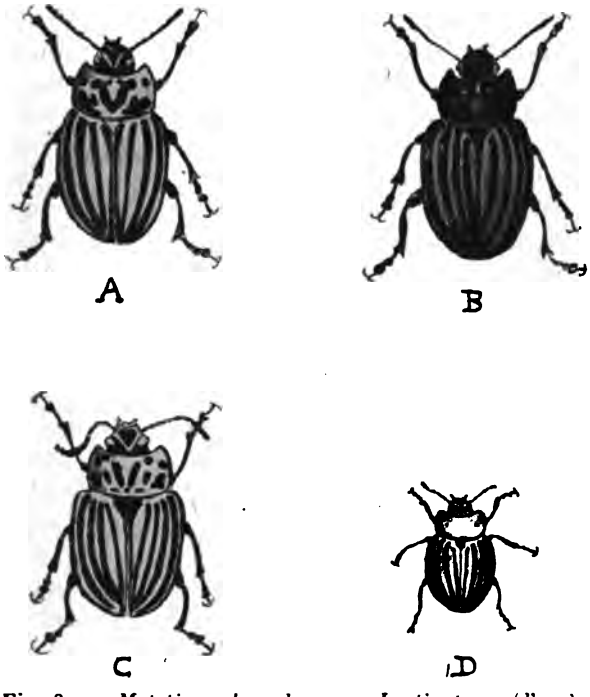


Fig. 8. — *Mutations dans le genre Leptinotarsa* (d'après Tower). — A, *L. multitæniata* normal; B, sa mutation *melanothorax*; C, *L. decemlineata* normal; D, sa mutation *defectopunctata*.

Le *Leptinotarsa multitæniata* présente deux mutations, *rubicunda* et *melanothorax*; cette dernière diffère du type par son apparence générale, sa couleur, le corselet noir, etc; elle apparaît à des intervalles rapprochés dans des localités variées, mais ne semble pas s'établir comme membre permanent de la faune, pas plus que *rubicunda*, qui cependant a persisté pendant plus de trois ans dans une station limitée près de Mexico.

V. — Qu'est-ce qu'une mutation?

Non seulement on peut définir la mutation par ses caractères objectifs lorsqu'elle apparaît dans un individu, mais on peut encore définir ce qu'elle est intimement.

Il est hors de doute que la mutation est liée à un changement du plasma germinatif, c'est-à-dire des cellules sexuelles, puisqu'elle est héréditairement transmissible; c'est ce changement du plasma germinatif qui se traduit par une variation objective qui attire l'attention. Or, il est évident qu'il y a dans les cellules sexuelles quelque chose de matériel qui est responsable du développement des caractères individuels, qui les détermine ou contribue à les déterminer. On peut concevoir ces *déterminants* sous la forme de substances chimiques de composition variée, juxtaposées dans les cellules sexuelles (peut-être uniquement dans le noyau); sous une forme ou sous une autre, presque toutes les théories de l'Hérédité admettent l'existence de ces déterminants. On a cru pendant longtemps qu'à chaque caractère descriptif, par exemple la couleur des cheveux, leur longueur, leur forme, l'épaisseur de la peau, etc., correspondait un déterminant spécial du plasma germinatif, ce qui en multipliait le nombre d'une façon fabuleuse; on sait maintenant que le plasma germinatif renferme un nombre de déterminants qui ne doit pas être excessivement élevé, que chaque déterminant peut avoir une influence sur une quantité de caractères descriptifs, par exemple la couleur des yeux, du pelage, la santé générale, les instincts, etc., qui sont, par suite, en corrélation les uns avec les autres, et enfin qu'un caractère descriptif précis, par exemple la couleur d'un pelage uniforme, peut très bien être en rapport, non pas avec un seul, mais avec plusieurs déterminants. Cela change tout à fait le point de vue.

Par des expériences, du reste fort longues et délicates, on a pu dénombrer les déterminants en rapport avec certains caractères descriptifs chez quelques espèces (Souris, Giroflées), et on les a désignés, faute de renseignements sur leur composition chimique, par des lettres conventionnelles. Ainsi, on sait que le plasma germinatif d'une Souris grise sauvage, de pelage uniforme, renferme au moins six déterminants connus, CGMFUR, et sans doute d'autres encore inconnus.

La Souris grise, qui est commensale de l'Homme depuis certainement des siècles, a présenté au cours des âges de nombreuses mutations : on connaît des Souris noires, brunes, jaunes, blanches, gris perle, café au lait, fauves, etc.; des Souris à yeux rouges ou à yeux noirs; des Souris qui marchent droit devant elles, et d'autres qui ne peuvent se déplacer qu'en valsant, des Souris qui ont un pelage uniforme et d'autres chez lesquelles il est plus ou moins panaché de blanc; des Souris poilues et d'autres à peau plus ou moins nue

Digitized by Google

Or, si on étudie ces mutations, en partant de la notion des déterminants, on arrive à se rendre compte qu'*une mutation est simplement le changement de nature d'un déterminant spécial*; celui-ci a subi sans doute une transformation chimique, qui retentit plus tard sur l'organisme développé, de telle sorte que celui-ci présente une variation objective visible; on peut désigner ce changement de nature par un changement de lettre.

La formule héréditaire de la Souris grise étant CGMFUR, si le déterminant C est changé en un déterminant A, tous les autres restant tels quels, la Souris devient albinos, complètement blanche avec les yeux rouges, et son caractère s'adoucit.

Si le déterminant G est changé en un autre déterminant, G′, N ou J, la Souris change de teinte; dans le premier cas, elle devient grise avec le ventre blanc; dans le deuxième cas, toute noire; dans le troisième jaune.

Si, dans une Souris noire de formule CNMFUR, le déterminant F est changé en un autre déterminant D, la Souris, de noire qu'elle était, devient d'un beau brun chocolat.

Si, dans une Souris de formule CGMFUR, le déterminant M est changé en déterminant E, la Souris acquiert un pelage fauve jaunâtre, et ses yeux deviennent rouges comme ceux d'un albinos, etc.

Lorsqu'on a établi la liste des mutations connues des divers déterminants, on peut manipuler les déterminants, comme on fait en Chimie avec les atomes, et construire sur le papier des combinaisons que l'on réalise expérimentalement avec la certitude des combinaisons chimiques. L'étude de l'Hérédité devient d'une clarté saisissante lorsqu'elle a comme base la connaissance des déterminants; quand on croise entre elles deux races qui ne diffèrent que par un unique déterminant, on obtient un *monohybride* qui est pareil à l'un des deux parents, dont le déterminant est dit *dominant* (ce qui est indiqué graphiquement par sa position en numérateur) : Ex. :

$$\left.\begin{matrix}\text{Souris grise}\\ \text{à yeux noirs}\end{matrix}\right\} \times \text{Albinos} = \left\{\begin{matrix}\text{Souris grise}\\ \text{à yeux noirs.}\end{matrix}\right.$$

$$\text{CGMFUR} \qquad \text{AGMFUR} \qquad \frac{\text{C}}{\text{A}}\text{GMFUR}$$

Quand on croise deux races qui diffèrent par deux ou plusieurs déterminants, on obtient un *di-* ou *polyhybride* qui peut ne ressembler à aucun des deux parents, les divers déterminants, d'après leur dominance respective, pouvant donner une formule différente de celles des deux parents :

$$\left.\begin{matrix}\text{Souris fauve}\\ \text{à yeux rouges}\end{matrix}\right\} \times \left\{\begin{matrix}\text{Albinos}\\ \text{à yeux rouges}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\text{Souris grise}\\ \text{à yeux noirs.}\end{matrix}\right.$$

$$\text{CGEFUR} \qquad \text{AGMFUR} \qquad \frac{\text{C}}{\text{A}}\text{G}\frac{\text{M}}{\text{E}}\text{FUR}$$

On voit que la mutation la plus simple est un changement de nature d'*un* déterminant du plasma germinatif; sans aucun doute, il y a dans la Nature des mutations plus complexes, qui correspondent au changement simultané de 2, 3, ... *n* déterminants. La mutation, simple ou complexe, est clairement quelque chose de définitif, qui, une fois produite, est indépendante du milieu, et transmissible en son entier : quand on accouple deux Souris noires (CN...), on obtient infailliblement des Souris noires identiques aux parents, et il n'y a aucun retour possible à la forme grise (CG...), dont la mutation noire est sortie sans aucun doute.

On comprend qu'il n'y ait pas d'intermédiaire entre le type et le mutant; si N est un changement d'un corps chimique G en un autre corps, il n'y a pas de raison qu'il y ait un intermédiaire entre eux, pas plus qu'entre deux termes successifs de la même série chimique.

Une mutation, une fois apparue, peut se conserver indéfiniment, pendant des siècles, si elle est compatible avec une vie normale; même si elle était défavorable dans les conditions de vie actuelles, elle pourrait encore se conserver à l'état dominé, étant annihilée par le déterminant dominant. Il y a, en effet, des mutations que l'on suit depuis fort longtemps; outre celles dont j'ai donné la date approximative d'apparition ou le pays d'origine, on peut encore citer la suivante, intéressante parce qu'elle se rapporte à l'Homme : Nettleship [1] a suivi de famille en famille, jusqu'en 1907, une mutation qui est la cécité nocturne ou héméralopie, apparemment due à un excès de pigment rétinien; cette mutation a débuté en 1637, avec les descendants d'un certain Jean Nougaret. Faut-il citer encore les exemples classiques du nez bourbonien, de la lèvre inférieure des Habsbourg, etc.?

Voici un exemple frappant de conservation d'une mutation éminemment défavorable : le déterminant R des Souris présente une mutation W (dominée par R), qui se traduit par la valse continuelle et obligatoire lorsque la Souris se déplace; les individus qui présentent cette mutation ont, comme on peut s'y attendre, une santé fragile, et il est assez difficile de prolonger l'élevage de Souris valseuses à l'état pur. Les Souris hybrides, à locomotion normale, qui présentent W à l'état dominé $\left(\frac{\text{R}}{\text{W}}\right)$, sont elles-mêmes, à ce que je crois, d'une santé plus fragile que les Souris qui ne renferment que le déterminant R. Mais il est possible que cet état fâcheux soit neutralisé par quelque combinaison de déterminants, encore mal connue; toujours est-il que, lorsqu'on introduit le déterminant W dans un élevage, on voit apparaître de temps en

[1] *Opthalm. Soc, Trans.*, t. XXVII, 1907, p. 269.

Digitized by Google

temps, très rarement, des individus valseurs; on pourrait les prendre pour des mutants nés sous les yeux de l'expérimentateur, si on ne savait que c'est simplement la réapparition d'une mutation ancienne, conservée pendant des années à l'état latent, et s'exprimant de temps à autre, par suite de circonstances favorables indéterminées. C'est en partie pour cette raison qu'une mutation réapparaît à certains intervalles identique à elle-même, comme les Bœufs sans cornes dont il a été question plus haut. C'est aussi pour cette raison qu'il faut faire toutes réserves sur la date *réelle* d'apparition de mutations; on n'est jamais bien sûr que ce n'est pas la réapparition d'une mutation latente.

Les exemples de formules héréditaires de Souris, donnés plus haut, montrent que la mutation est *contagieuse*, c'est-à-dire que le nombre des combinaisons de déterminants est plus grand que le nombre réel de mutations. Voici une Souris grise sauvage, de formule CGMFUR; supposons qu'elle présente *deux* mutations, G se changeant en N (ce qui donne une Souris noire), et M se changeant en E (ce qui donne une Souris fauve à yeux rouges); mais cela fait, non pas seulement 2, mais bien 3 combinaisons nouvelles; la troisième étant CNEFUR (ce qui donne une Souris gris perle à yeux rouges). Les Souris possèdent 6 déterminants connus, qui présentent en tout 8 mutations : le nombre des combinaisons possibles est de 128, différentes l'une de l'autre par 1, 2, ... 6 déterminants.

Nous venons de définir la mutation objectivement et intimement, et, à ce propos, on peut se demander s'il y a une différence fondamentale entre la fluctuation, la variation *ever-sporting* et la mutation, toutes trois héréditaires à des degrés divers d'intensité. De Vries est d'avis qu'il y a un fossé profond entre la fluctuation et la mutation : les mutations seraient dues à l'acquisition de nouveaux déterminants (les *pangènes* de De Vries), ou à la perte de déterminants existants; la fluctuation, au contraire, est seulement un développement en plus ou en moins d'un caractère descriptif, qui est dû à un changement d'activité des déterminants, leur nature restant au fond la même. Les zoologistes qui se sont occupés de mutation ne sont pas disposés à séparer aussi nettement les divers modes de variation; il est certain, par exemple, que la panachure des Souris, qui se comporte à certains égards comme une fluctuation, est incontestablement une mutation P du déterminant U, mais qui présente cette particularité de s'hériter avec des valeurs p, p', p'', etc., oscillant autour de P; Tower considère les mutations comme des fluctuations extrêmes, et ne croit pas à une différence essentielle entre les unes et les autres. Ne pourrait-on pas comparer une forme qui présente de temps en temps des mutants à une variété *ever-sporting*, chez laquelle le sport serait très rare?

Évidemment, nos conceptions actuelles sur la Variation manquent trop de précision pour qu'il soit bien intéressant de prolonger cette discussion.

VI. — Causes de la mutation.

La mutation est donc, dans son essence, un changement de nature d'un déterminant du plasma germinatif. Comme il n'y a pas d'effet sans cause, ce changement ne peut être que la résultante de modifications, apparentes ou non, de l'organisme qui renferme les cellules sexuelles. La modification d'un organisme, à son tour, est forcément liée à une modification du milieu où il vit, le mot milieu étant pris dans le sens le plus général. Pour provoquer des mutations, il faut donc, par un procédé quelconque, agir puissamment sur le soma d'une espèce, tout en la laissant naturellement capable de reproduction; une réponse possible au stimulus sera la variation du plasma germinatif.

Voici une expérience très démonstrative de Tower : des *Leptinotarsa decemlineata*, dont on connaît le pourcentage normal de mutations à l'état de nature, sont soumis, durant la période où les cellules germinales grossissent et mûrissent (*période sensible*), à des conditions de milieu spéciales, par exemple une température élevée (35°), sèche, une basse pression barométrique. Après cette action de milieu, qui ne produit naturellement aucune modification somatique visible chez les Insectes adultes, ceux-ci sont placés dans des conditions normales et pondent. Sur 98 individus sortis de ces œufs :

82 sont de la forme *pallida*.
2 — *immaculothorax*.
14 ne sont pas modifiés.

La proportion des mutants est donc énorme, et il n'est pas douteux qu'il y a une relation de cause à effet entre le changement des conditions de milieu et l'apparition des mutations.

La même espèce, soumise aux conditions anormales ci-dessus indiquées, a donné une fois une mutation extrêmement curieuse : c'est un *decemlineata* conforme extérieurement au type, mais qui possède la propriété de donner cinq pontes successives dans le cycle annuel, alors qu'aucun Chrysomélien de ce groupe n'a plus de deux ou trois générations par an. C'est là une mutation entièrement nouvelle, parfaitement constante dans sa transmission héréditaire, qui ne peut pas être la simple réapparition d'une mutation latente.

Voici un autre type d'expériences, portant sur les végétaux, dû à Blaringhem : la section de la tige principale d'un pied de Maïs, faite en

Digitized by Google

pleine croissance (*période sensible*), provoque la fascie des rameaux de la panicule et la métamorphose sexuelle des épillets mâles en épillets femelles; ces derniers portent des graines saines, qui donnent naissance à une grande quantité de plantes anormales. Les graines de chacune de ces plantes sont semées séparément et leur descendance examinée avec soin; elle comprend diverses variétés *ever-sporting* (à panicules fasciés et à métamorphoses sexuelles des fleurs, à feuilles tubulées, panachées, albines, à tiges et à feuilles rouges, à port pleureur, à épis dissociés), et des mutations stables : *pseudo-androgyna*, à épis latéraux chargés de fleurs hermaphrodites, dont les étamines ne renferment pas de pollen; *semi-præcox*, dont les graines mûrissent avant celles de la variété point de départ, et enfin *præcox*, mutation accentuée, à aspect spécial, facile à isoler en raison de la précocité de sa floraison (juillet au lieu d'août), ce qui empêche toute hybridation avec le type. Voici le tableau d'une telle expérience (le mutant a donné après son isolement deux variétés qui existaient peut-être à l'état latent dans la race) :

1902. Plante mutilée par section de la tige, donne une panicule monstrueuse.
↓
1903. Parmi les descendants, on isole une plante déformée, naine, précoce.
↓
1904. Le semis des graines de cette plante donne la mutation *præcox*.
/ \
1905. Forme à graines jaunes. — Forme à graines blanches.

Le traumatisme a provoqué des changements de nutrition dans la plante, et par suite des modifications dans la composition du plasma germinatif, un *affolement*, comme disent les horticulteurs; ce déséquilibre, qui se produit chez la plante mutilée et ses descendants immédiats, se traduit par diverses variations, tantôt des *ever-sporting*, tantôt des mutations.

En somme, pour qu'il y ait quelque chance d'obtenir des mutations, il faut un changement profond dans les conditions de milieu; ce n'est pas dire que la mutation arrive à coup sûr, mais elle est probable. Depuis longtemps, en effet, on a été frappé de l'extrême variabilité des animaux domestiques et des plantes utilisées en agriculture et en horticulture, comparée à l'uniformité des espèces sauvages, parfois même à l'uniformité de l'espèce sauvage précise dont dérive la forme domestique, le *Gallus bankiva* pour la Poule, la *Columba livia* pour le Pigeon, par exemple. Notons au passage que le Dindon et la Pintade sont restés à peu près semblables à ce qu'ils étaient au début; leur plasma germinatif, malgré les considérables modifications des conditions de milieu, est d'une stabilité qui fait contraste avec la règle générale.

Dans un organisme, il n'est pas de changements plus profonds que ceux déterminés par une infection chronique, la syphilis par exemple; aussi les enfants de syphilitiques, dont le germe a été influencé par les toxines du Tréponème, forment-ils une collection de dystrophies, dont quelques-unes, le bec-de-lièvre, la polydactylie, sont certainement des mutations transmissibles. On a, du reste, essayé de provoquer expérimentalement des mutations en injectant des sels minéraux variés (sulfate de cuivre ou de zinc, azotate de calcium), dans des ovaires de plantes avant la fécondation; mais ces essais n'ont pas donné de résultats bien nets, sans doute parce qu'on n'a pas saisi le moment favorable; cependant, divers stimulus (action du radium, injections dans l'ovaire de sulfate de zinc, nitrate de calcium, sucre à 10 %), appliqués à une Onagrariée de Patagonie, le *Raimania odorata*, ont provoqué, dans la descendance de l'individu blessé, l'apparition de plusieurs mutations qui rappellent beaucoup celles des Œnothères. On pressent qu'une quantité de causes, non seulement la mutilation, la variation brusque du milieu, mais encore la greffe, les piqûres d'Insectes, la présence de Champignons ou d'Insectes parasites, pourront être l'origine de mutations végétales.

Si les Œnothères de De Vries présentent un si grand nombre de mutations, c'est sans doute parce qu'elles ne sont plus, depuis bien des années, dans leur pays natal; on peut presque prédire que l'*Œnothera Lamarckiana*, dans son habitat originel (qui est encore inconnu), doit y être une plante constante à la manière de nos espèces sauvages.

Toutes les fois qu'un animal ou une plante parvient dans une localité nouvelle, où elle puisse se multiplier à l'excès, le changement des conditions de milieu provoque presque infailliblement des mutations, et l'espèce se fragmente en variétés, sous-espèces, petites espèces, au gré des taxinomistes. C'est là probablement l'explication qui convient à certains cas d'*endémisme* remarqués chez les habitants des îles. Je n'en connais pas de plus frappant que celui des Achatinelles des îles Sandwich (archipel hawaïen). Ces îles, uniquement volcaniques, à plus de 3.000 kilomètres des continents actuels, n'ont pu être peuplées que par des animaux terrestres de petite taille, apportés par des arbres flottés ou peut-être des Oiseaux; mais vraiment cet apport, soumis à tant de hasards défavorables, a dû être fort rare, et bien peu d'exemplaires ont pu ainsi gagner les îles.

Or, on trouve aux Sandwich un nombre presque fabuleux (400 espèces) de formes d'Achatinelles Mollusques terrestres arboricoles ou terricoles, que

Digitized by Google

l'on ne connaît pas, du reste, en dehors des Sandwich; à l'île d'Oahu, dans la région forestière qui occupe 120 milles carrés, il n'y a pas moins de 227 espèces, représentées par 900 variétés, différentes par leur forme, leur couleur, leur taille, leur répartition dans des vallées différentes, leur physiologie (nutrition sur des plantes différentes). Assurément, les espèces et les variétés se sont différenciées sur place; l'ancêtre des Achatinelles, dont il a dû aborder quelques individus seulement, est entré en mutation en se répandant dans les îles, et l'état actuel est le résultat, non seulement de la conservation de ces mutations, mais aussi des innombrables combinaisons que peuvent fournir les croisements libres et en tous sens. Il y a eu beaucoup plus de mutants à Oahu qu'à l'île de Kauai (20 espèces terricoles et pas d'arboricoles), et qu'à l'île Hawaï, cependant plus vaste (6 espèces, dont une seule arboricole). Un grand nombre de mutations rares sont détruites aujourd'hui, du fait des Rats et des Mulots qui se nourrissent d'Achatinelles.

Plate a fait des observations analogues sur les *Cerion* des îles Bahamas; il est bien probable que les races distinctes de Lézards que l'on trouve dans les différentes îles méditerranéennes appartiennent à la même catégorie de mutations, nées sous l'influence des conditions nouvelles de milieu.

VII. — Les théories évolutionnistes et les idées nouvelles sur la variation.

Les résultats acquis sur la Variation, au triple point de vue de l'origine, de l'importance morphologique et de la transmission intégrale des mutations, opposées aux fluctuations, ne pouvaient manquer d'avoir un retentissement profond sur les théories explicatives de l'évolution; ils sont particulièrement intéressants à confronter avec les théories classiques de Lamarck et de Darwin. Au fond, remarquons-le, celles-ci sont surtout des théories de la genèse des adaptations : Lamarck invoque les effets de l'usage et du non-usage, des efforts et des habitudes, et les considère comme immédiatement adaptatifs et héréditaires; il explique ainsi le développement des organes nécessaires à l'habitat dans un certain milieu, la régression des organes inutiles pour le genre de vie que mène l'animal.

Darwin, tout en admettant aussi les effets de l'usage et du non-usage, croit surtout à la sélection des petites variations fluctuantes, favorables dans la lutte pour l'existence, et explique ainsi, par un lent progrès continu, le changement des organes et leur adaptation finalement parfaite.

Assurément, le fait de l'apparition subite de mutations quelconques, transmissibles intégralement, l'instabilité des variations fluctuantes, ne cadrent pas du tout avec la tentative d'explication de Lamarck ni avec celle de Darwin; mais peut-être n'y a-t-il plus beaucoup, j'entends parmi les biologistes informés, de lamarckistes ou de darwinistes rigoureusement orthodoxes, ayant fermé leurs oreilles à toutes les critiques. Peu à peu, comme se bâtissent des maisons modernes avec les ruines des temples antiques, il s'est édifié, avec les débris des théories de Lamarck et de Cope, de Darwin et de Wallace, d'Eimer et de Weismann, une interprétation de l'évolution qui garde de chaque tentative d'explication générale les faits les mieux prouvés, et qui, en ne visant pas à être complète du premier coup, ne se dissimule nullement les lacunes à combler. J'ai écrit, il y a sept ans, dans cette même *Revue*, un article[1] où j'ai exposé cette théorie anonyme, sans chef d'école, et j'aurais actuellement bien peu de chose à y changer : pour les tenants de cette théorie, parmi lesquels on voudra bien me compter, les modifications imprévues du plasma germinatif (qu'on les appelle mutations ou bien variations brusques ou discontinues), produites en dernière analyse par un changement dans les conditions de vie, sont la source des différences morphologiques et physiologiques qui séparent l'une de l'autre les espèces définitives; ce n'est, comme on le voit, ni du lamarckisme ni du darwinisme. La sélection naturelle guide bien le développement des règnes animal et végétal, mais par la destruction des individus et des espèces inaptes à se maintenir dans un milieu donné, choix qui ne laisse subsister que les espèces aptes; enfin les adaptations indispensables à la vie dans un milieu donné doivent être chronologiquement antérieures à la vie dans ce milieu; elles ne sont pas déterminées par les conditions auxquelles elles paraissent si bien répondre. C'est là le point le plus original de la théorie et celui qu'on admettra sans doute le plus difficilement; aussi je préfère ne pas insister et en remettre la démonstration à un travail futur.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Bibliographie. — Blaringhem : Mutation et traumatismes (*Bull. Sc. France et Belgique*, t. XLI, 1907). — L. Cuénot : L'hérédité de la pigmentation chez les Souris, 5e note (*Arch. Zool. exp.* [4], t. VI, 1907, Notes et Revue, p. 1). — De Vries : Die Mutationstheorie, 2 vol., Leipzig, 1901-1903; Species and Varieties, their origin by mutation, Chicago et London, 1905. — Mac Dougal, Vail et Shull : Mutations, variations and relation-ships of the *Œnotheras* (Publication 81, *Carnegie Institution of Washington*, 1907). — Tower : An investigation of the evolution of the Chrysomelid beetles of the genus *Leptinotarsa* (Publication 48, *Carnegie Institution of Washington*, 1906).

[1] L. Cuénot : L'évolution des théories transformistes. *Revue générale des Sciences*, t. XII, p. 264, 30 mars 1901.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Picard (Emile), *Membre de l'Institut.* — **Œuvres de Charles Hermite, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences.** *Tome II.* — 1 *vol. in-8° de* 520 *pages* (*Prix* : 18 *fr.*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Dans ce deuxième volume des Œuvres d'Hermite, M. Picard a rassemblé par ordre chronologique les Mémoires publiés de 1858 à 1872, et il y a joint plusieurs exposés destinés à l'enseignement. Le talent d'Hermite est alors à son apogée : par l'étendue des connaissances et la profondeur des vues, la variété et la richesse de l'invention, l'élégance et la souplesse du calcul, l'éminent analyste se place hors de pair.

Un très beau portrait d'Hermite est placé en tête du volume. Les Mémoires qui y sont contenus se rattachent à trois sujets principaux : d'abord, ce sont les recherches relatives à l'équation du cinquième degré et aux équations modulaires. Par analogie avec ce fait bien connu que le problème de la trisection de l'arc permet d'exprimer séparément les racines de l'équation du troisième degré par des fonctions uniformes d'un paramètre auxiliaire convenablement choisi, Hermite, dans un premier Mémoire (1858), exprime de même les racines de l'équation du cinquième degré, en la rapprochant de l'équation dite *modulaire*, qui est la relation algébrique entre les fonctions $\varphi(\omega)$ et $\varphi(n\omega)$ (n entier positif), en désignant par $\varphi(\omega)$ la fonction *modulaire* uniforme qui exprime la racine quatrième du *module* k des fonctions elliptiques de Jacobi en fonction du rapport ω de leurs périodes. M. Picard a fait suivre ce premier Mémoire de la lettre curieuse et bien connue d'Hermite à M. Tannery (1900), à propos des propriétés de la fonction modulaire qu'il avait si heureusement appliquées. Puis viennent d'autres Mémoires, sur le même objet, relativement à certaines équations du quatrième degré, et un travail étendu sur les équations modulaires, notamment au point de vue de leur abaissement (1859). A la fin du volume se trouve le grand Mémoire sur l'équation du cinquième degré (1865), dans lequel Hermite expose complètement, mais avec de nombreuses modifications originales, les méthodes de Brioschi et de Kronecker, analogues en principe à sa méthode de 1858, mais qui utilisent une autre fonction du module; d'ailleurs, sa rédaction, très concise, a rendu nécessaire une révision approfondie des calculs, qui ont été refaits par M. H. Bourget avec un soin qu'on ne saurait trop louer. Ces Mémoires sont accompagnés de nombreuses études sur les invariants.

En second lieu, le volume contient plusieurs travaux importants sur les applications arithmétiques des fonctions elliptiques; Hermite était très frappé des rapports qui existent entre ces transcendantes et la théorie des nombres; notamment la décomposition des entiers en somme de trois carrés se rattache à la notion des classes de formes quadratiques binaires de même déterminant négatif; or, la détermination du nombre de ces classes a été reliée par Kronecker à la théorie de la multiplication complexe des fonctions elliptiques; Hermite trouve une tout autre méthode, plus élémentaire, fondée sur les développements en séries trigonométriques de quotients de fonctions Θ, et il l'expose à plusieurs reprises (Lettre à Liouville, 1861, et *C. R.*, 1862); en outre, il reprend un mémoire arithmétique de Dirichlet sur le même sujet (*C. R.*, 1862).

En troisième lieu, nous trouvons dans l'ouvrage des recherches sur de nouveaux développements en séries de fonctions de plusieurs variables, auxquels Hermite est amené par la considération des fonctions périodiques simultanées, qui présentent comme élément fondamental, dans le cas de plusieurs variables, des exponentielles analogues à e^{-x^2}, introduite dans le cas d'une seule variable; d'où des extensions des polynômes de Legendre pour le cas de plusieurs variables, et des études importantes sur les développements des fonctions de plusieurs variables en séries de pareils polynômes (*C. R.*, 1864, 1865).

Enfin, ce volume renferme deux exposés didactiques intéressants au point de vue de l'enseignement : l'un a été fait pour le grand Traité de Lacroix; il traite avec une lumineuse simplicité des éléments de la théorie des fonctions elliptiques, jusqu'au problème de la transformation exclusivement; l'autre, destiné à un traité de Géométrie analytique de Gerono et Roguet (1856), se rapporte à la théorie des formes quadratiques ternaires et à celle des déterminants.

On a également reproduit dans ce volume le chapitre du cours professé par Hermite à l'Ecole Polytechnique, qui est relatif à l'élimination des fonctions arbitraires, ainsi que diverses Notes insérées aux *Annales* de Brioschi et au *Bulletin des Sciences mathématiques*.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Emden (Dr R.), *Privat docent de Physique et de Météorologie à l'Ecole royale technique de Munich.* — **Gaskugeln. Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme.** — 1 *vol. in-8° de* 497 *pages avec figures.* (*Prix* : 16 *fr.*) *G. Teubner, editeur. Leipzig*, 1908.

Le présent ouvrage est la reproduction des leçons faites par M. Emden, privat-docent de Physique et de Météorologie, à la Technische Hochschule de Munich.

Il part de la notion thermodynamique de transformations et de courbes *polytropes*. Ce sont des transformations dans lesquelles la *chaleur spécifique* de transformation reste constante : comme cas particuliers extrêmes, la chaleur spécifique peut être nulle ou infinie; dans le premier cas, la transformation polytrope est adiabatique; dans le second, la transformation polytrope est isothermique. Un troisième cas particulier important de la transformation polytrope s'imposera à l'attention dans l'étude des *sphères gazeuses* isolées dans l'espace, qui fait l'objet principal du livre.

Tout réseau particulier de courbes polytropes, dans un diagramme thermodynamique donné, sera déterminé par la valeur numérique du paramètre k, défini par l'équation :

$$\gamma = c_v \frac{k-\varkappa}{k-1}, \text{ où } \varkappa = \frac{c_p}{c_v},$$

deux chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant, et où γ est la chaleur spécifique relative à la transformation donnée. On peut, au lieu de la valeur du paramètre k, donner celle de l'*indice* n, défini par la condition :

$$n = \frac{1}{k-1}.$$

Un cas particulier important est celui où $k = \frac{3}{4}$, $n = 3$. Voici comment on est conduit à l'étudier. Imaginons

Digitized by Google

une sphère gazeuse isolée, formée par un gaz parfait. L'étude de la façon dont varient la densité, la pression et la température, du centre à la périphérie, en fonction du rayon, — si l'on admet que la sphère se contracte ou se dilate en ne subissant que des transformations polytropes, — dépend des valeurs particulières du paramètre k (ou de l'indice n) et de la valeur de $\varkappa$ pour le gaz considéré. M. Emden discute longuement la variation de ces grandeurs pour diverses valeurs numériques de ces paramètres.

Mais, quels que soient le gaz considéré et la valeur du rapport $\varkappa$ des chaleurs spécifiques pour ce gaz, un résultat est général. Si la sphère se contracte d'une façon réversible, c'est-à-dire en ne passant que par une succession d'états d'équilibre, et si elle se contracte uniformément, la densité au centre varie en raison inverse du cube du rayon, la pression au centre en raison inverse de la quatrième puissance du rayon, et, par suite, la température absolue au centre en raison inverse du simple rayon. Cette relation entre la densité, la pression et la température définit une transformation polytrope dans laquelle $k = \frac{4}{3}$. C'est ce qu'Emden appelle une transformation *cosmogénétique*.

La transformation cosmogénétique produit des effets très différents suivant le gaz qui constitue la sphère; en réalité, elle ne dépend des propriétés de ce gaz que par le rapport de ses chaleurs spécifiques. Pour un gaz en équilibre qui subit une transformation cosmogénétique, l'équilibre est stable si le rapport $\varkappa$ est plus grand que $\frac{4}{3}$, instable si $\varkappa < \frac{4}{3}$. Dans un gaz monoatomique, pour lequel $\varkappa = \frac{5}{3}$, le travail mécanique de contraction de la masse se divise en deux parties égales : une moitié sert à l'augmentation de l'énergie de la masse et à l'élévation de sa température, l'autre moitié est expulsée sous forme de chaleur. Tout se passe comme si la capacité calorifique moyenne était : — c_v. Pour une calorie *enlevée* à un gramme de gaz, la température *s'élève* de $\frac{1}{c_v}$ degré.

Si un gaz diatomique se comprime suivant une transformation cosmogénétique, alors $\frac{5}{6}$ du travail de compression sont employés à augmenter l'énergie, et seulement $\frac{1}{6}$ est perdu sous forme de chaleur rayonnée.

Pour un gaz triatomique, $\varkappa = \frac{4}{3}$ environ, la cosmogénide se confond avec l'adiabatique.

Enfin, pour un gaz à quatre atomes et plus, l'état d'équilibre est instable. La plus petite soustraction de chaleur aurait pour effet une concentration brusque de la masse, la plus petite addition une expansion indéfinie.

Toutes ces données sont appliquées à un certain nombre de problèmes d'Astronomie et de Météorologie.

C'est ainsi que, dans son chapitre XVII, « la Terre et son atmosphère », l'auteur aborde l'étude complète d'une atmosphère entourant un noyau solide, dont la masse est très considérable par rapport à celle de l'atmosphère. L'une des conclusions du calcul est relative à la température limite que ne saurait dépasser une atmosphère de planète, sous peine de n'être plus retenue par l'attraction du noyau et de s'échapper dans l'espace. Le résultat avait déjà été énoncé par Ritter. On obtient les *températures limites* suivantes, qu'il faut diviser par le nombre $n+1$ pour obtenir les températures limites réelles dans une atmosphère en *équilibre polytropique caractérisé par l'indice n*; s'il s'agit d'un *équilibre adiabatique*, qui, pour un gaz à molécules diatomiques, est caractérisé par $n = 2{,}5$, il faudra diviser les températures limites de la colonne par 3,5.

PLANÈTES	TEMPÉRATURE LIMITE
Mercure	2.170 degrés absolus.
Vénus	12.400 —
La Terre	15.060 —
Mars	3 030 —
Jupiter	408.000 —
La Lune	693 —

Une atmosphère d'hydrogène, par exemple, en équilibre adiabatique, ne pourra être maintenue sur la Lune que si la température est inférieure à $\frac{693}{3{,}5} = 198°$ absolus, c'est-à-dire à — 75°.

Un chapitre suivant est consacré au Soleil, au Soleil au repos, puis au Soleil en rotation. Relativement à l'équilibre des surfaces de discontinuité qui séparent sur le Soleil les divers anneaux de matières animées de vitesses angulaires de rotation différentes, on arrive à un théorème qui est la généralisation du théorème de Helmholtz sur la stabilité de l'équilibre des anneaux convectifs dans l'atmosphère d'un globe tournant.

Si l'enseignement de la Météorologie et de la Physique cosmique, à peu près inexistant à l'heure actuelle dans nos Universités françaises, *où il n'est pas donné dans une seule chaire magistrale*, vient jamais à y être sérieusement organisé, il sera excellent qu'à côté des cours généraux, nécessairement élémentaires, puissent être établis des enseignements complémentaires du genre de celui qui fait l'objet du livre de M. Emden. Ce serait le seul moyen d'orienter de jeunes esprits à la recherche de leur vocation scientifique, vers des études très attrayantes qui, chez nous, paraissent trop élevées aux météorologistes professionnels et restent trop ignorées des physiciens.

BERNARD BRUNHES,
Directeur de l'Observatoire
du Puy de Dôme.

Razous (Paul). — **Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles. Épuration, utilisation.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 208 *pages avec* 29 *figures.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *Société d'éditions techniques. Paris*, 1908.

Ce livre, exclusivement technique, est surtout destiné aux industriels qui, embarrassés de leurs eaux résiduaires, cherchent un procédé économique pour les évacuer ou les utiliser. En réalité, s'il lui était laissé toute liberté, l'industriel ne serait jamais en peine de s'en débarrasser. La rivière ou le puisard sont là qui s'offrent à lui et il en use et en abuse. Mais, c'est le moyen que l'hygiène publique lui interdit comme nuisible aux tiers; force lui est donc de rechercher une autre manière de s'en défaire. Le livre de M. Razous lui indique, sous une forme très condensée, mais peut-être un peu trop restreinte, les multiples procédés physiques, chimiques et biologiques employés à cet effet dans les industries les plus variées.

Tel qu'il se présente, l'ouvrage peut rendre des services aux intéressés; mais il aurait été préférable, à notre avis, de réduire la nomenclature des différents procédés qui peuvent être mis en usage et d'indiquer, au contraire, en détail la technique et les appareils utilisés dans une installation déjà existante. L'industriel cherche surtout les applications qu'il peut utiliser, tandis que, dans le livre de M. Razous, il n'a qu'une vue d'ensemble des procédés expérimentés. Dans certains chapitres, M. Razous a, toutefois, été au-devant de la critique que nous lui adressons; notamment, dans les premiers chapitres de la seconde partie, (moyens généraux permettant de récupérer les sous-produits contenus dans certaines eaux résiduaires), il décrit suffisamment les appareils mis à la disposition des industriels pour atteindre le but visé. Dans une seconde édition M. Razous n'aura qu'un faible effort à faire pour multiplier, dans la mesure où cela est utile, ces descriptions pratiques.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de la partie de l'ouvrage relative aux eaux résiduaires industrielles, réservant pour la fin les eaux d'égout, lesquelles occupent

Digitized by Google

toute la première partie. Ici encore, ce sont les procédés agricoles et les procédés d'enlèvement et des vidanges qui sont les mieux traités. Le chapitre sur l'épuration par les procédés chimiques est trop condensé. Quant aux procédés d'épuration biologique, ils sont décrits trop succinctement, sans discussion suffisante des avantages et des inconvénients. Le dispositif de M. Calmette pour faire arriver l'eau sur les lits à percolation y est oublié, et cependant l'auteur le connaît, puisqu'il en parle plus loin à l'occasion des eaux résiduaires industrielles. M. Razous traite bien la question des frais d'exploitation et d'épuration biologique des eaux d'égout, mais il ne dit rien sur la durée et le colmatage des lits bactériens, et même sur leur constitution usuelle suivant les ressources du pays. Enfin, il est des procédés qui n'ont peut-être pas fait leurs preuves, mais qui ont donné quelques résultats intéressants, celui de M. Puech et la colonne épuratrice du Dr Rouchy, que M. Razous a omis.

Ces critiques visent une rédaction qui peut être facilement remaniée; elles n'enlèvent rien à l'intérêt du livre, pour les industriels en quête d'un procédé d'évacuation d'eaux résiduelles, voire d'un moyen de les utiliser sans nuire à autrui.

F. Dienert,
Docteur ès sciences,
Chef du Service de Surveillance des Eaux d'alimentation de Paris.

3° Sciences naturelles

Desplagnes (Lieutenant Louis), *Lauréat de l'Institut et de la Société de Géographie.* — **Le Plateau Central nigérien : Une Mission archéologique et ethnographique au Soudan Français.** — 1 *vol. in-8°, de* 504 *pages, illustré de* 236 *photographies originales et accompagné d'une carte en couleurs.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Emile Larose, éditeur. Paris*, 1908.

Cet ouvrage est la mise en œuvre, très méthodique et fort vivante, d'une masse énorme de données recueillies par l'auteur pendant deux années d'exploration dans la boucle du Niger (1903, 1906). Il a su, d'ailleurs, encadrer ses propres observations par les nombreux faits d'ordre anthropologique qu'ont récemment mis en lumière certains administrateurs et officiers coloniaux, comme MM. Moreau, Sarrazin, M. Delafosse, Ch. Monteil, et aussi par les textes anciens et arabes, spécialement le Tarick-es-Soudan. Comme résultats d'archéologie et d'ethnographie, M. Desplagnes a considérablement dépassé et élargi les travaux de tous ses devanciers, et son livre est aujourd'hui celui où il faut chercher les aperçus les plus complets et les plus neufs sur la préhistoire et l'histoire éloignée du Soudan. C'est un vrai titre de gloire, que l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres et la Société de Géographie de Paris ont récompensé comme il le méritait. Remarquons, du reste, que la géographie, elle aussi, a gagné à ces voyages; ils ont révélé dans le détail le curieux relief de grès des massifs du centre-ouest de la boucle (celui de Bandiagara et celui de Hombori), ainsi que l'importance des larges cuvettes où s'épandent les eaux du Niger, sur sa rive droite (lac Dô, etc.), cuvettes aussi étendues dans l'ensemble que celles de la rive gauche. La carte à 1 millionième, qui termine le volume, est tout à fait intéressante à consulter à cet égard.

La première partie de l'ouvrage est consacrée à la description des vestiges laissés par les anciens habitants des pays du Niger. Parmi ces débris des civilisations d'autrefois, les uns remontent à l'époque préhistorique : ce sont des *ateliers de la pierre polie*, situés près des berges du fleuve (en amont de Tosay, et près de Gao), qui voisinent avec des sépultures d'hommes accroupis pareilles à celles du Sahara, de la Guinée française, de l'Ethiopie; des *campements de pêcheurs* et des *ateliers de forgerons* (à Gourao, sur le lac Déboé, à Koulikoro), avec des tumuli et des grottes en grande partie aménagées pour l'habitation. D'autres vestiges, qui paraissent un peu plus récents, rappellent aussi certaines découvertes dans le Hoggar et dans le Soudan éthiopien; citons, entre autres, des monuments faits de trois pierres frustes ou polies en cylindre, qui représentent sans doute un appareil cultuel; des *sépultures* d'hommes couchés, indiquées, selon le mode berbère, par des ronds de pierre; d'autres sépultures d'hommes accroupis dans des trous verticaux ou dans de grandes jarres, surmontées d'un tuyau en poterie qui était destiné à faire arriver au mort les offrandes. — D'autre part, M. Desplagnes a visité les restes des civilisations du Soudan contemporains de notre Moyen âge. Ce sont d'abord des *murs de défense mégalithiques* et des *tumuli*, datant du IIIe au XIe siècles après Jésus-Christ, édifiés par les *immigrants « rouges »* ou « Gara » et leurs métis, venus du Sahara (« Garamantes »), ou par les noirs qu'ils avaient englobés dans leurs confédérations; les tumuli, qui sont de 1050 environ, c'est-à-dire de l'époque où dominait encore Ghanata, permettent de déterminer l'étendue des groupements qui obéissaient à cette ville, jusqu'à Zinder, à Boussa, à Kong et à Sikasso. D'autres *habitations perchées dans les falaises* de Bandiagara et de Hombori, pareilles aux abris des troglodytes du Magreb, et servant aujourd'hui (chez les Habbés, par exemple) de grenier et de sépulture, ont pour auteurs les « Rouges » et leurs associés noirs, fuyant, au milieu des primitifs négrilles de la montagne et de la forêt l'invasion des Soussous, au XIIIe siècle. M. Desplagnes a pu enfin explorer les ruines de *Gao*, fondée en 1324; celles de *Koukya*, métropole des Songhaïs, situées à 150 kilomètres au sud-est des premières; et visiter le pays de *Tekrour*, où se forma le rameau des métis Toucouleurs. Il n'a recueilli que des présomptions au sujet de l'emplacement de *Ghanata* ou *Ghana*, détruite vers 1235 par les Soussous, présomptions qu'il vérifie d'ailleurs en ce moment même.

L'exposé ethnographique général qui remplit la deuxième partie est une très intéressante mise au point, d'après les textes, de tout ce que l'on sait sur les mouvements protohistoriques et médiévaux des peuples soudanais actuels, et aussi une étude des conditions toutes spéciales dans lesquelles se sont effectués leurs groupements. Au milieu des pays habités par les négrilles, maintenant refoulés avec leurs métis dans la forêt du Sud, et par les belles populations noires primitives, dont les pêcheurs *Bozos* et les *Ma Habbé* sont les descendants actuels, plus ou moins altérés, vinrent aboutir deux confondérations de nomades qui traversèrent le Sahara : les *Ma* rouges, peut-être d'origine phénicienne, dont les poissons étaient les animaux totémiques (Gara-Ma, Hara-tîn); les *Oua* pasteurs, dont le point de départ est la Chaldée (?), pour lesquels les oiseaux sont « tanna » (Ouahabites, Ouadaï, Getouli, Poular ou Peuls). Les Noumides des Romains, les forgerons *Noumous*, habitants protohistoriques du Soudan, représentent le métissage des deux races. Ces peuples, complétés par un autre courant venu du nord-ouest de l'Afrique, ont apporté au Soudan, dans un milieu qui en était encore presque à la civilisation de la pierre polie, un mode de construction (architecture d'argile), des industries (fer, tissage), des habitudes de vie, des croyances et des rites, une organisation familiale et politique dont on peut étudier aujourd'hui de nombreuses survivances. Ils sont les fondateurs de Ghanna, de Koukya, de Djenné, ville musulmane dès ses origines (800), et qui donne de nos jours encore, dit M. Desplagnes, « une vision de colonie phénicienne ». L'invasion des pasteurs noirs *Soussous* (confédération du serpent), métis venus au XIIIe siècle des plaines du haut Nil, pasteurs et chasseurs, a déterminé partout un recul de la civilisation et la formation de groupes nouveaux, dont les Malinkés, les Soninkés, les Bammanas sont les principaux. D'intéressants chapitres sur la formation des empires soudanais modernes, sur les « tanna » (animaux totémiques) et sur les associations (« symos », etc.), qui sont, en pays non islamisé,

Digitized by Google

les restes actuels de l'histoire éloignée du Soudan, enfin sur l'origine des castes, élément fondamental des sociétés noires, complètent cette partie de l'ouvrage.

Les civilisations présentes des *populations non musulmanes* du Plateau Central nigérien, en particulier des *Habbés*, habitants des montagnes de Bandiagara et de Hombori, sont analysées ensuite. L'auteur étudie donc leur organisation politique et sociale, leurs usages et leur vie matérielle, leurs croyances, et y montre de nombreux restes, encore vivants, des civilisations lybico-phénicienne, berbère, éthiopienne.

Toute la dernière partie du livre est à lire de très près, pour quiconque s'intéresse aux choses du Soudan. Ces conclusions ont été admirablement ramassées par l'auteur en une page capitale que je tiens à citer en résumé, parce qu'elle renferme tous les résultats de cette belle étude. Les éléments du chaos actuel des tribus soudaniennes sont : 1° les Primitifs et les Négrilles, refoulés dans la forêt du Sud; 2° des peuples noirs peu prognathes (Éthiopiens noirs des Anciens), « descendant des populations néolithiques soudanaises d'origine hamitique », caractérisés comme les préhistoriques de tout le Nord africain par l'emploi d'outils de pierre (meules dormantes, etc.), et par l'usage de la poterie, agriculteurs, pêcheurs et chasseurs, habitant des paillottes en forme de ruche, fortement attachés à leur culte spiritualiste et tièdes musulmans, pratiquant encore les sépultures assises, accroupies ou repliées : 3° des populations appelées « rouges » dans les documents anciens et les légendes, dont le principal élément, sans doute « sémite-sumérien, est représenté par les sédentaires industriels..., auteurs d'habitations en terre ou en pierre décorées », mais qui descendent aussi de tribus pastorales assimilables aux Berbères, populations qui « ont introduit au Soudan une philosophie animiste, avec le culte des ancêtres... et la croyance à une triade divine », puis qui ont fourni de fervents adeptes à l'islamisme ; 4° des nègres prognathes, pasteurs nomades et cavaliers, les « Soussous », venus de l'Est « sous la conduite de familles d'origine et de type « mongol » (comparer les Hycsos), qui ont amené des bœufs, des chevaux de type asiatique, apporté l'habitude de construire des cases circulaires en argile à toit de paille, introduit de fortes organisations féodales et des idées religieuses simplistes, qui sont voisines du fétichisme.

J. Machat,
Docteur ès lettres,
Professeur au Lycée Buffon.

Fauvel (P.), *Docteur ès sciences, Professeur à l'Université catholique d'Angers.* — **Physiologie de l'acide urique.** — 1 *brochure in-8 de 43 p., des Monographies cliniques sur les questions nouvelles.* (*Prix* : 1 *fr.* 25.) *Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

Après un court exposé des propriétés chimiques et de l'état de l'acide urique dans l'urine, l'auteur aborde l'étude de la physiologie de cet acide. Il rappelle d'abord brièvement la formation de l'acide urique dans l'organisme à partir des nucléines et des bases nucléiques, et il établit la distinction entre l'acide urique *endogène* et l'acide urique *exogène*. Cette partie proprement physiologique de l'histoire de l'acide urique est très écourtée : visiblement, l'auteur a voulu réserver la majeure partie de la place dont il disposait pour exposer les questions d'intérêt directement clinique et thérapeutique qui lui tenaient à cœur, à savoir l'action des régimes, des aliments, de divers agents médicamenteux sur la quantité et sur l'état de l'acide urique dans l'urine, et les enseignements d'hygiène et de thérapeutique qui découlent de ces données, tous problèmes sur lesquels il disposait d'un matériel considérable de recherches personnelles, instituées avec un grand souci de rigueur scientifique.

C'est donc un tableau très inégal de la *physiologie de l'acide urique* que M. Fauvel nous présente, et où le côté diététique et pharmaco-dynamique l'emporte de beaucoup sur la physiologie proprement dite, c'est-à-dire sur l'étude du mécanisme de la formation de l'acide urique. Mais il ne faut pas se plaindre de cette disproportion, d'ailleurs voulue par l'auteur, car, sur cette partie de l'histoire de ce composé, encore encombrée de tant de données vagues, acquises à l'aide de méthodes douteuses ou radicalement fausses, M. Fauvel était en mesure de nous apporter de très utiles précisions.

En ce qui concerne d'abord l'acide *endogène*, il expose les conditions dans lesquelles on doit se placer pour établir le seuil auquel descendent l'acide urique et les xantho-uriques, dans le cas d'une alimentation sans purines. Il montre que ce minimum est constant pour un sujet donné, qu'il varie peu d'un individu à l'autre, qu'il est indépendant de la nature animale ou végétale du régime et sans aucun rapport avec la quantité d'albumine ingérée, enfin qu'il n'est pas modifié par un travail musculaire, même considérable. De plus, cette fraction endogène n'est pas précipitable dans l'urine par HCl, sans doute, d'après M. Fauvel, parce qu'elle est éliminée en même temps que de l'acide thymique qui la maintient en dissolution ; mais, sur ce dernier point, la démonstration, d'ailleurs ingénieuse, fournie par l'auteur n'est qu'indirecte et peu convaincante.

Passant ensuite à la *fraction exogène* des purines, M. Fauvel donne un tableau de la teneur en purines des principaux aliments, et il montre que les œufs sont sans action sur l'excrétion urique ou xantho-urique. Il établit ensuite l'action du régime carné, des légumineuses, du café, du thé sur l'excrétion de l'acide urique et des bases puriques. Vient ensuite une étude des *dissolvants* et des *précipitants* de l'acide urique, c'est-à-dire des agents qui, selon Haig, *facilitent* l'excrétion de l'acide urique, ou, au contraire, *retiennent* cet acide dans l'organisme. Dans le premier groupe, l'auteur a étudié le froid, l'acide phosphorique, l'acide formique, le calomel, le chlorure de calcium; dans le second, les alcalins, le salicylate de soude, l'acide thymique. Pour la plupart de ces agents, et principalement pour les trois derniers, il apporte des expériences personnelles, très bien conduites et décisives.

Le travail se termine par un exposé des conditions (régime alimentaire, méthodes d'analyse) dans lesquelles il faut se placer pour étudier les variations de l'acide urique dans l'urine sous diverses influences et par la discussion des applications d'hygiène alimentaire et de thérapeutique qui découlent des résultats précédemment exposés.

E. Lambling,
Professeur à l'Université de Lille.

4° Sciences médicales

Lambert (Dr M.), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy.* — **Que mangeons-nous?** *Guide pratique d'alimentation rationnelle.* — 1 *vol. in-16 de 251 pages, avec préface de M. le* Dr Gley. (*Prix* : 2 *fr.* 50.) *Cornély et Cie, éditeurs. Paris.*

Ce petit volume de vulgarisation est certainement plus scientifique et plus substantiel que bien des gros traités. L'auteur, physiologiste distingué, a su, sous une forme extrêmement attrayante et sans sacrifier cependant aucune notion physiologique essentielle au souci de la vulgarisation, exposer clairement les principes actuels d'une alimentation rationnelle. Les cycles de la matière et de l'énergie, les aliments simples utilisables, la ration alimentaire type, les aliments ordinaires, le calcul d'établissement de la ration, les facteurs déterminant les variations de la ration, la répartition et la composition des repas sont l'objet de chapitres de tous points excellents.

Ce que l'on ne saurait assez louer, — et, pour nous, l'éloge n'est pas banal, — c'est le bon sens, la pondération d'une science rigoureusement informée qui sait d'une façon exacte les limites de sa connaissance et la relativité de ses précisions. Un esprit critique, toujours en éveil, a présidé à l'élaboration de cette œuvre, une des meilleures que nous ayons lues depuis longtemps.

Dr Alfred Martinet.

Digitized by Google

5° Sciences diverses

Le Dantec (Félix), *Chargé de Cours à la Sorbonne.* — **Science et Conscience. Philosophie du XXe siècle.** — 1 *vol. in-16 de* 328 *pages. Bibliothèque de Philosophie scientifique.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Flammarion, éditeur. Paris,* 1908.

Ce livre est le dernier d'une longue série. M. Le Dantec, après avoir consacré une quinzaine de volumes à la Biologie générale, c'est-à-dire à la Philosophie biologique, va « rentrer au laboratoire et reprendre pied dans la réalité en s'appliquant à des études de détail ». Après avoir montré comment l'homme fait la science, l'auteur montre ce que la science fait de l'homme. Et il conclut : La science fait de l'homme une marionnette; elle ne trouve en lui rien qui fasse exception au mécanisme universel; la conscience est un épiphénomène, la liberté une illusion.

La conscience, c'est l'accompagnement subjectif de toute dissonance objective. On se rappelle que, pour notre auteur, il n'y a pas d'entités, d'êtres individuels; tout être s'explique par son milieu autant que par lui-même. Dans le monde vivant, en particulier, lorsqu'il y a, entre l'être et son milieu, une différence, l'être, sous peine de mort, s'adapte à ce milieu. Or, on observe que cette adaptation (ou habitude) tend à diminuer la conscience en même temps que la dissonance. On peut donc conclure que la dissonance est le caractère objectif qui correspond au caractère subjectif appelé conscience. Dès qu'il y a liaison d'éléments divers, il y a, en raison de cette diversité, conscience. Plus la liaison est intime entre éléments divers, plus la continuité spatiale et temporelle les unit, plus la conscience a de chances de se manifester. Voilà pourquoi elle apparaît dans l'homme plus que dans le protozoaire. Mais elle n'est pas plus efficace dans l'homme que dans le protozoaire; l'activité de tout animal est surtout imitative, et, comme l'imitation est « la revanche du milieu sur le vivant », l'activité de tout animal est, en grande partie, déterminée par son milieu; elle est tout entière déterminée par son hérédité (facteurs physiques internes) et son éducation (facteurs physiques externes): la conscience n'y est pour rien; elle « n'est rien », pas même un reflet, car « un reflet est quelque chose ». Il est impossible de traduire le fait de conscience dans le « langage de la mesure ».

De cette théorie, M. Le Dantec déduit quelques conséquences. Puisque la conscience, « au point de vue objectif », n'est rien, ce qui s'exprime dans le langage de la conscience n'a aucune valeur objective. On ne saurait parler de vérités métaphysiques, morales, du moins dans le sens qu'on donne au mot vérité dans la science, puisque le langage des métaphysiciens et des moralistes, tout subjectif, varie avec les individus. Il n'y a pas plus de morale scientifique que de métaphysique scientifique. La science élimine certains postulats qui ont servi de fondement à la morale (individualité, liberté, immortalité de l'âme); elle a, en morale, une fonction négative; mais, dans les limites qu'elle assigne ainsi à la spéculation morale, elle ne contraint pas les hommes à adopter telle convention plutôt que telle autre. Elle enlève aux préceptes moraux la valeur absolue qu'on leur attribuait, mais elle n'a de préférence pour aucun d'entre eux.

On peut éprouver pour l'effort philosophique tenté par M. Le Dantec beaucoup de sympathie sans souscrire à toutes ses conclusions. On peut avoir confiance dans une explication des choses fondée sur le principe de la conservation de l'énergie sans se croire obligé de réduire à néant la conscience. Cette conscience, M. Le Dantec l'indique, n'est pas « le privilège exclusif de la vie »; elle est partout. Elle est, en effet, partout où il y a dissonance; or, il y a dissonance partout, puisque « la lutte est universelle ». Les consonances elles-mêmes ne sont que des dissonances atténuées; de même, il n'y a entre le plaisir et la douleur qu'une différence de degré; de même encore, entre le premier acte et l'acte devenu habituel. La formule la plus exacte de la pensée de M. Le Dantec serait donc: il y a conscience partout où il y a liaison, rencontre d'éléments divers; mais, comme aucun être n'est isolé, comme tout être est un faisceau de relations, tout être est plus ou moins conscient. Mais alors de quel droit déclarer que la conscience n'est qu'un épiphénomène? Répandue partout, elle devient un élément intégrant de toute réalité; elle est aussi réelle que la matière, et les faits qui se produisent dans le monde sont l'œuvre commune de ces deux facteurs. Nous accorderions volontiers à M. Le Dantec que la conscience ne *crée* rien et se soumet, comme la matière, à une loi de conservation. Mais en faut-il conclure qu'elle ne *fait* rien? On peut dire d'elle qu'elle agit, dans le sens où l'on dit que la matière agit, puisqu'on voit des effets succéder à des causes où matière et conscience sont intimement associées. Il est vrai qu'elle n'agit pas librement. Encore y a-t-il dans la théorie de la liberté une apparence de vérité que ne paraît pas apercevoir M. Le Dantec. Soucieux de réagir contre les philosophes qui expliquent l'être sans tenir compte de son milieu, il lui arrive d'exagérer le rôle du milieu dans les actes d'un être. C'est ainsi qu'il nous paraît exagérer, bien qu'il lui ait marqué des limites, le rôle de l'imitation dans la vie humaine : l'homme n'est pas l'unique auteur de ses actions, mais il est pour quelque chose dans ses actions : telle est la part de vérité que contient, en l'exagérant, la doctrine de la liberté. D'une manière plus générale, M. Le Dantec paraît admettre dans le monde des facteurs inertes, des causes dont l'effet s'annule : « Les feuilles des arbres vont tomber, puis elles pourriront, et tout sera ensuite comme si elles n'avaient pas été ». L'homme disparaîtra de la planète et rien ne restera de son effort, disait-il dans un volume antérieur. Cette conception n'est-elle pas contraire au principe du déterminisme? Il est possible que beaucoup de choses soient sans utilité et sans but; il est impossible qu'une chose — fût-ce la conscience! — demeure sans effet.

Les conséquences métaphysiques, esthétiques et morales que M. Le Dantec tire de sa théorie nous paraissent plus contestables encore. Entre le langage scientifique et le langage philosophique, la différence est-elle aussi grande qu'il l'imagine? Sans doute, il est pénible de voir deux penseurs comme M. Bergson et M. Le Dantec se méconnaître aussi complètement que le révèle leur polémique. Mais, d'une part, le savant ne paraît pas avoir fait un effort suffisant pour comprendre le métaphysicien; et, d'autre part, quelque admiration qu'on ait pour l'inventeur d'idées qu'est M. Bergson, on doit refuser d'identifier le « langage de la métaphysique » avec le langage bergsonien. Il est des métaphysiciens avec qui M. Le Dantec s'entendrait: un certain Spinoza, qu'il ne paraît pas connaître, parlait sa langue au XVIIe siècle, et énonçait des théories auxquelles les siennes ressemblent souvent comme les filles à leur mère. De même, il est des esthéticiens et même des moralistes qui essaient d'employer le « langage de la mesure ». Au lieu de nous donner sur l'art et sur la morale quelques pages vraiment trop sommaires, pourquoi M. Le Dantec ne discute-t-il pas les théories de Fechner ou de ses disciples? celles des moralistes qui essaient de trouver, dans des observations objectives et des statistiques, les lois de la conduite humaine? Il faut bien l'avouer : dès qu'il sort du domaine de la Biologie, où sa compétence est indiscutable, dès qu'il se livre à ce « bavardage » qu'il appelle « philosophie », M. Le Dantec peut bien amuser le lecteur par l'ingéniosité de ses improvisations, mais nous ne reconnaissons plus en lui le penseur méthodique qui a eu le grand mérite de rajeunir, à la lumière des découvertes biologiques du XIXe siècle, le mécanisme des Descartes et des Spinoza.

PAUL LAPIE,
Professeur à l'Université de Bordeaux.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 12 Octobre 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. S. Carrus** poursuit ses recherches sur les systèmes de familles de surfaces se coupant suivant des lignes conjuguées. — **MM. Javelle** et **Giacobini** ont retrouvé la comète Tempel²-Swift et en donnent les observations faites à l'équatorial de l'Observatoire de Nice depuis le 29 septembre. — **M. de Montessus de Ballore** montre que le parallélisme observé, de 1892 à 1902, entre les maxima et les minima des petites variations de latitudes, d'une part, et des nombres annuels de mégaséismes, de l'autre, repose sur une coïncidence fortuite, car on n'a rien retrouvé d'analogue à la suite du tremblement de terre de Californie de 1906.

2° Sciences physiques. — **M. A. Nodon** a observé le 2 octobre des perturbations importantes de la charge terrestre, atteignant 300 volts, qui ont concordé avec un passage d'activité solaire et précédé de notables perturbations magnétiques. — **M. G. Claude** décrit une application de son procédé dit de retour en arrière à l'extraction des gaz rares de l'atmosphère; il obtient ainsi un mélange d'azote avec au moins 50 °/₀ de néon, d'hélium et d'hydrogène. — **M. Ed. Salles** a étudié la diffusion des ions gazeux vers la paroi des tubes métalliques qu'ils traversent; il a reconnu qu'il n'y a pas d'effet spécifique dû à la nature de la paroi, venant s'ajouter au mécanisme de la diffusion. Les coefficients de diffusion trouvés sont intermédiaires entre les valeurs données par Townsend. — **M. L. Dubreuil** décrit une nouvelle méthode de calcul des poids atomiques fournissant les écarts apparents pour chaque procédé de mesure; en combinant les résultats de plusieurs auteurs, on peut supprimer l'erreur personnelle à chacun; puis, en combinant les résultats ainsi corrigés des diverses méthodes, on calcule l'écart vrai et, par suite, le poids atomique absolu. — **M. P. Gaubert** a constaté que non seulement les cristaux peuvent absorber, pendant leur accroissement, les molécules d'une substance cristallisée, ajoutée à l'eau-mère, mais que les molécules de cette dernière ou d'un liquide miscible avec elle peuvent aussi pénétrer dans le cristal; la conception des solutions solides doit donc être élargie. Cette absorption peut changer les formes dominantes des cristaux.

3° Sciences naturelles. — **MM. Lannelongue, Achard** et **Gaillard** ont préparé un sérum anti-tuberculeux provenant d'animaux (ânes et chevaux) soumis à l'action d'une toxine extraite du bacille tuberculeux par chauffage dans l'eau à 120°, précipitation par l'acide acétique et redissolution dans Na^2CO^3. Ce sérum a été employé chez l'homme sans danger et a paru un adjuvant utile du traitement; les bacilles, sous l'influence du processus de régression, diminuent de nombre et peuvent même disparaître. — **M. A. Frouin** a constaté que l'alexine et la sensibilisatrice des sérums hémolytiques d'animaux préparés résistent pendant 5 minutes à 85°-90°; elles peuvent être séparées par filtration sur sac de collodion, la sensibilisatrice traversant seule. — **MM. A. Thiroux** et **L. Teppaz** ont traité avec succès par l'orpiment-atoxyl, ou même par l'orpiment seul, des chevaux atteints de diverses trypanosomiases. — **M. Marage** montre que la théorie de l'audition d'après laquelle tous les filets nerveux sont également impressionnés par les sons, et ce sont des centres nerveux différents situés dans le cerveau qui réagissent différemment, est seule conforme à nos connaissances anatomiques et pathologiques les plus récentes. — **MM. A. Rieffel** et **M. Ménard** signalent l'importance que présente en radiographie l'orientation anatomique. — **M. E. Bataillon** étudie deux cas de fécondation croisée chez les Amphibiens au point de vue cytologique. Dans l'un, c'est le pronucleus femelle issu de la deuxième division polaire qui dirige tout; dans l'autre, la figure polaire passe au repos avant de se reconstituer au milieu de l'œuf avec son allure caractéristique. — **M. A. Menegaux** montre que le *Bradypus torquatus* Ill. est une espèce qu'il est impossible anatomiquement de séparer du genre *Bradypus*, bien qu'elle présente quelques caractères propres, et d'autres qui la rapprochent du *Choloepus didactylus*. — **M. A. Pizon** a observé des phénomènes de phagocytose et d'auto-digestion au cours de la régression des ascidiozoïdes chez les Diplosomidés (Ascidies composées). — **MM. J. Costantin** et **H. Poisson** décrivent trois plantes nouvelles rapportées de Madagascar : deux Dicotylédones aberrantes, le *Katafa crassisepalum* et le *Geaya purpurea*, et une Malvacée, le *Macrocalyx tomentosa*. — **M. Ed. Heckel** a obtenu, par une fumure intensive, une mutation gemmaire du *Solanum Maglia*, qui se maintient uniformément si l'on en replante les tubercules, ceux-ci étant devenus féculents et comestibles. — **M. Deprat** a observé la persistance, à travers toute la Corse, d'une zone de contacts anormaux entre la région occidentale et la région orientale de l'île.

Séance du 19 Octobre 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. A. Demoulin** établit par la Géométrie une propriété des développées des surfaces courbes. — **M. P. Stroobant** calcule théoriquement l'action de l'anneau de Saturne et arrive à une expression qui pourrait être avantageusement employée pour le calcul de la masse de l'anneau en se basant sur le mouvement du grand axe déduit de l'observation des satellites. — **MM. A. de La Baume-Pluvinel** et **F. Baldet** ont étudié le spectre de la comète 1908 *c* (Morehouse). Il est caractérisé par l'absence des raies des hydrocarbures et la présence de celles du cyanogène au complet.

2° Sciences physiques. — **M. A. Blondel** présente à son tour une réclamation de priorité au sujet du système de télégraphie sans fil par ondes dirigées de MM. Tosi et Bellini, dont il a exposé le principe en 1903. — **M. H. Le Chatelier** déduit de ses expériences que la silice ne forme pas d'hydrates, mais existe toujours à l'état anhydre. La silice précipitée serait dans un état d'extrême division et possèderait toutes les propriétés habituelles des corps très ténus. La silice gélatineuse polit facilement le bronze, comme la silice anhydre. — **M. A. Brochet** présente une théorie du procédé à cloche dans la fabrication de la soude électrolytique. La concentration équivalente du liquide qui s'écoule de l'appareil lorsque la couche limite reste stationnaire est fonction uniquement de la conductivité de l'électrolyte, à laquelle elle est proportionnelle, et de la mobilité de l'ion OH', à laquelle elle est inversement proportionnelle. Elle est indépendante de la densité du courant et de la nature de l'alcali. — **M. P. Nicolardot** propose une nouvelle méthode d'attaque des ferro-alliages, en particulier des ferro-siliciums, qui repose sur l'action du chlorure de soufre à 70°. — **MM. M. Tiffeneau** et **Daudel** ont constaté que, chez les dérivés naphtaléniques, la migration phénylique, sous l'influence de l'action de I + HgO, s'effectue dans le même sens que chez les autres composés aromatiques. — **M. M. François** décrit une modification de

Digitized by Google

la préparation de la monométhylamine par l'acétamide bromé, consistant à opérer à température élevée sur de petites quantités; le rendement passe de 35 à 72 °/₀. — MM. **L. Pelet-Jolivet** et **A. Wild** ont reconnu que les matières colorantes en solution existent à l'état dissocié; quelques-unes affectent en même temps l'état colloïdal. — M. **J. Tribot** a observé que plus on purifie l'invertine, moins celle-ci est active sur le saccharose; plus la quantité de MgO qu'elle renferme est considérable, plus l'action de l'invertine est grande. — M. **C. Gerber** montre que la présure des Crustacés décapodes se distingue des autres présures animales par sa résistance à la chaleur et l'action particulière des acides; elle se rapproche des présures végétales et obéit mieux qu'elles aux lois des actions diastasiques. — M. **L.-C. Maillard** a reconnu que le travail musculaire est sans influence sur l'excrétion totale de l'azote, tandis qu'il augmente celle du phosphore phosphatique et de l'Az créatinique et oxyprotéique. — Mlle **L. Kalaboukoff** et M. **E. F. Terroine** ont observé que la glycérine accélère le dédoublement de l'huile par le suc pancréatique, ce qui doit être attribué à une augmentation de la surface de contact de l'huile avec le ferment.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Arthaud** a constaté qu'à l'état normal le son de percussion du thorax représente le son fondamental du tuyau bronchique. — M. **J. Répin** a reconnu que les eaux goitrigènes des Alpes présentent une radio-activité notable, due en grande partie au radiothorium. Cette radio-activité paraît être pour quelque chose dans la pathogénie du goitre et explique la fréquence de cette maladie dans les régions montagneuses. — M. **A. Menegaux** montre que l'*Hemibradypus Mareyi* d'Anthony est identique au *Bradypus torquatus* Ill. et que la famille des Bradypodidés ne renferme que deux genres: *Bradypus* et *Choloepus*. — M. **A. Malaquin** a constaté que l'appareil néphridien des Salmacines et Filogranes adultes représente une protonéphridie rappelant celle des larves d'Annélides et de Mollusques. — M. **E. Roubaud** a observé chez les Guêpes solitaires d'Afrique du genre *Synagris* un type de passage des plus curieux entre les Vespides solitaires qui approvisionnent et les Vespides sociaux qui élèvent au jour le jour leur progéniture. — M. **E. Bataillon** conclut à l'existence, chez les Amphibiens, de couples rappelant ce qu'on appelle ailleurs le stade synapsis. — M. **G. Bohn** a reconnu que le pigment vert des *Actinia equina* insolé a un rôle assimilateur; il absorbe CO^2 et dégage O. On peut supprimer l'assimilation pigmentaire, tandis qu'il est impossible de supprimer la respiration. — MM. **H. Jumelle** et **H. Perrier de la Bathie** signalent l'existence de neuf espèces de *Secamone* dans le nord-ouest de Madagascar, et en donnent une brève description. — M. **M. Molliard** a constaté qu'on peut prolonger la vie saprophytique de la Cuscute et remplacer jusqu'à un certain point l'hôte de ce parasite par des substances organiques appropriées, mises directement à sa disposition. — MM. **G. Bureau** et **A. Labbé** ont observé que la brotryomycose n'est pas due à un champignon, mais à une amibe, dont l'ancien *Botryomyces* n'est qu'un stade plastogamique. — MM. **Ch. Bouchard**, **V. Balthazard** et **J. Camus** ont reconnu qu'il existe dans l'urine des substances toxiques qui sont rendues inactives ou détruites par l'action de la chaleur à 57°. Cette diminution de toxicité (d'environ 1/3) peut être due non seulement au chauffage, mais à une oxydation. — M. **L. Bertrand** signale l'existence d'une nouvelle fenêtre de terrains prépyrénéens au milieu des nappes nord-pyrénéennes, aux environs d'Arbas (Haute-Garonne). — M. **E. A. Martel** montre que les grès pédonculés et ruiniformes de Fontainebleau sont le produit de l'érosion des eaux tourbillonnantes torrentielles et non du simple travail des eaux de pluie. — M. **P.-H. Fritel** a découvert dans les argiles sparnaciennes du Montois des empreintes végétales appartenant aux genres *Salvinia*, *Nymphaea* et *Pontederia*. — M. **A. Angot** signale l'enregistrement, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, le 13 octobre, d'une secousse sismique importante, correspondant à un tremblement de terre qui aurait été ressenti à Mexico.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 13 Octobre 1908.

M. **P. Reynier** présente le Rapport sur le concours pour le prix Amussat. — M. **F. Widal** demande à ajouter à son Rapport sur les épidémies en 1906 le vœu suivant : Des notions d'Hygiène publique et privée entreront non seulement dans les programmes d'études, mais encore dans les programmes d'examen des écoles et des collèges. — M. **P. Reynier** préconise le traitement de certaines formes d'infection puerpérale par le courant continu d'oxygène. Il s'agit des infections où les saprophytes, les anaérobies prédominent et où le vagin se recouvre de fausses membranes diphtéroïdes. Le passage d'un courant d'oxygène pendant plusieurs jours, au moyen d'une sonde à double courant, fait bientôt tomber la température et disparaître les membranes.

Séance du 20 Octobre 1908.

M. le Président annonce le décès de M. **Paul Berger**, membre de l'Académie.

M. **Gilbert** présente un Rapport sur un travail de M. **Gaston Sardou** relatif à l'action thérapeutique de l'adrénaline employée en badigeonnages cutanés. L'adrénaline exerce sur les vaisseaux de la peau et des tissus et organes sous-jacents une action vaso-constrictive, suivie d'une vaso-dilatation réactionnelle, ayant de multiples effets sur d'assez nombreux phénomènes morbides : dermites, érythèmes, œdèmes, prurits, éruptions, eczéma, acnés, etc., qui sont atténués. Un grand nombre de manifestations douloureuses : céphalées, névralgies, sciatiques, etc., ont pu être arrêtées ou diminuées par le même moyen. — M. **A. Chauffard** signale deux observations de cancer du corps du pancréas. Le symptôme capital de cette affection est la douleur, débutant à gauche, au niveau du rebord costal, puis devenant épigastrique, basse, avec irradiations; ses paroxysmes, de plus en plus répétés et prolongés, deviennent suraigus, angoissants, aboutissant à un état cruel de viscéralgie profonde, de constriction en corset. On note une sensation de plénitude intestinale, un amaigrissement notable et de l'ictère tardif. La laparotomie a fait disparaître instantanément les crises douloureuses, mais les malades sont morts peu après de cachexie cancéreuse.

Séance du 27 Octobre 1908.

M. **H. Monod** présente le Rapport sur le concours pour le prix Baillarger, et M. **Ch. Moureu** le Rapport sur le concours pour le Prix Lefort. — M. **Hutinel** a étudié l'*intradermo-réaction à la tuberculine*, préconisée par M. Ch. Mantoux, et qui consiste à injecter dans l'épaisseur même du derme, en quantité fixe, une solution dosée de tuberculine. C'est une méthode simple, d'une innocuité parfaite, dont les résultats sont d'une grande constance et d'une appréciation facile. Ne présentant ni les dangers de l'ophtalmo-réaction, ni l'incertitude de la cuti-réaction, elle semble devoir se substituer à elles, ainsi qu'à l'injection sous-cutanée de tuberculine, sauf dans les cas où l'on aura intérêt à provoquer, dans un but diagnostic, une poussée réactionnelle au foyer suspect de tuberculose. Sa spécificité et sa sensibilité sont démontrées à la fois par la clinique, par la comparaison avec les méthodes déjà éprouvées de tuberculo-diagnostic et par l'expérimentation sur l'animal. Positive, elle révèle seulement la présence d'un foyer tuberculeux dans l'organisme, sans donner d'indication sur sa localisation ; négative, elle permet d'éliminer presque sûrement la tuberculose, sauf chez les cachectiques, les moribonds, les rougeoleux et peut-être les sujets en évolution de vac-

Digitized by Google

cine. — **M. N. Gréhant** décrit un nouveau procédé simplifié pour le dosage exact du formène et de l'oxyde de carbone dans les mines de houille.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Octobre 1908.

MM. M. Labbé et **L. Furet** ont constaté que le traitement thyroïdien détruit les muscles, empêche la combustion des graisses et ralentit la cure d'amaigrissement; il doit donc être proscrit dans la cure de l'obésité. — **M. C. Fleig** montre que les réactions furfurolique et glyoxylique des protéiques et du tryptophane s'étendent à l'indol, au pyrazol, au thiophène et au carbazol. — **MM. Ch. Dopter** et **R. Koch** ont observé qu'un sérum antiméningococcique, dont les agglutinines ont été absorbées par le méningocoque, est dénué de tout pouvoir précipitant sur les extraits méningococciques et gonococciques; mais ce même sérum, dans lequel on a émulsionné des cultures de gonocoque, garde un pouvoir précipitant vis-à-vis de l'extrait méningococcique seul. — **MM. P. Ancel** et **P. Bouin** ont constaté l'existence d'une double spermatogenèse chez le *Scutigera coleoptrata*, donnant des spermies géantes, riches en chromatine, et des spermies naines, pauvres en chromatine. — **MM. L. Ribadeau-Dumas** et **R. Debré** montrent que, jusqu'à une certaine dose, le collargol détermine chez l'animal une augmentation des éléments blancs du sang. Les doses fortes (4 cgr.) sont suivies de leucopénie et d'anémie. — **MM. G.-E. Schneider** et **A. E. Spick** ont étudié le liquide céphalo-rachidien dans un cas mortel de méningite syphilitique aiguë; ils ont noté la densité élevée du liquide, la présence notable d'albumine, l'apparition précoce de la sérine et tardive du glycose. — **M. J. Lesage** a observé que l'infusion forte de maté peut être prise en grande quantité par l'organisme à jeun : elle n'a pas de propriétés toxiques. Au contraire, prise en abondance après le repas, elle peut arrêter la digestion et provoquer des troubles très graves. — **MM. J. Lesage** et **E. Solanet** décrivent les caractères de l'hémogrégarine (*H. leptodactyli*) qu'ils ont trouvée dans le sang des grenouilles de l'Argentine. Dans sa période endo-globulaire, le parasite a l'aspect réniforme avec un hile bien marqué; dans sa période libre, il a la forme d'un haricot ou la forme ovoïde. — **M. F. Dévé** a constaté que les embryons hexacanthes du tænia échinocoque conservent leur entière vitalité après un séjour de dix à seize jours dans l'eau et même après dix à onze jours de dessiccation complète. — **MM. Weinberg** et **Parvu** ont observé que l'organisme des animaux infestés par les vers intestinaux élabore, en général, des anticorps spécifiques. Toutefois, il ne faut pas espérer que la réaction Bordet-Gengou soit d'un grand secours pour le diagnostic différentiel des helminthiases. — **M. Schirokogoroff**, après avoir injecté des bactéries dans le sang, les a retrouvées en grandes quantités dans les capsules surrénales à l'état libre, mais non dans l'épithélium glandulaire; les capsules surrénales ne sont donc pas des organes phagocytaires. — **M. A. Sartory** présente un appareil pour la stérilisation de l'air au moyen de l'électricité, qui le chauffe à 160°. — **MM. A. Sartory** et **A. Jourde** ont constaté que les Mucédinées non pathogènes (*Sterigmatocystis nigra*) sont inhibées par des doses d'alcalis qui permettent le développement d'espèces pathogènes (*S. lutea* et *fuxa*) et surtout d'espèces très virulentes (*S. nidulans*, *A. fumigatus*). — **M. A. Sézary** décrit les processus mécaniques de l'hyperépinéphrie, dus à ce que l'espace, enserré par la capsule fibreuse, n'est plus suffisant pour l'organe devenu trop volumineux. — **M. Et. Burnet**, en injectant sous la peau, à des cobayes au trentième jour de la tuberculose, pendant dix jours consécutifs, 1 mgr. de tuberculine précipitée, les a rendus capables de supporter jusqu'à 360 mgr. de toxine au soixante-dixième jour de leur maladie. — **MM. A. Slatinéanu** et **D. Daniélopolu** ont reconnu qu'en présence de l'extrait de lépromes comme antigène, le sérum des lépreux est capable d'empêcher complètement l'hémolyse en fixant l'alexine du mélange.

Séance du 24 Octobre 1908.

MM. P. Bouin et **P. Ancel** ont constaté que l'histogenèse du corps jaune débute dans le follicule mûr de de Graaf chez la chienne quelque temps avant la ponte ovarique; l'apparition du rut coïncide avec ces premières modifications de la structure du follicule, par conséquent avec le début de la formation du corps jaune. — **M. H. Coupin** signale une seconde floraison de plusieurs plantes printanières qui s'est produite, cette année, à la fin de l'été ou au commencement de l'automne, par suite des conditions météorologiques. — **M. G. Bohn** montre que les Actinies peuvent vivre et rester superbement épanouies dans des eaux très pauvres en oxygène; elles tendent à se fermer sous l'influence d'une oxygénation rapide. — **Mlle A. Drzewina** a reconnu que les crabes qui marchent en rond après section unilatérale du collier nerveux œsophagien recouvrent la marche normale au bout d'un temps suffisamment long. — **M. Ed. Retterer** a constaté que la cellule épithéliale de revêtement est l'élément originel du follicule clos de l'amygdale. — **M. J. Lesage**, en injectant des doses massives d'infusion de maté dans les veines du cheval, a observé des troubles fonctionnels, consistant surtout en une modification de la respiration ayant le caractère de l'asphyxie. — **M. P. Salmon** a employé l'acétyl-atoxyl dans le traitement de la syphilis. Il possède un pouvoir spécifique incontestable contre le spirille, une activité moindre que l'atoxyl, mais les accidents d'intolérance sont rares ou très atténués. — **M. E.-F. Terroine** a reconnu que le pouvoir lipasique du suc pancréatique de sécrétine diminue très rapidement lorsque le suc est rendu protéolytiquement actif par addition de kinase, à moins qu'on n'ajoute en même temps une albumine à digérer. Il semble y avoir destruction de la lipase. — **M. H. Busquet** montre que, si l'on irrigue le cœur avec de l'eau salée à 7 °/₀ qui a d'abord circulé dans les tissus, le vague conserve son pouvoir cardio-inhibiteur. — **MM. Ch. Achard** et **Aynaud**, en injectant les chiens avec de la gélatine, ont vu les globulins disparaître de la circulation; le sang se coagulait néanmoins et le caillot se rétractait avec rapidité. — **MM. L. Ribadeau Dumas** et **G. Roussy** ont constaté que la section des nerfs d'un membre, chez un animal en réaction myéloïde, est suivie de troubles trophiques amenant des modifications dans la moelle osseuse du côté opéré. — **M. A.-M. Bloch** a reconnu que les ongles des mains croissent le plus vite entre 5 et 30 ans; les saisons ne modifient pas la croissance des ongles. — **M. Chaput** a obtenu une hémostase très remarquable, dans les grandes opérations chirurgicales, par les injections sous-cutanées de gélatine, sans recourir aux ligatures. — **M. Lafforgue** décrit un procédé économique d'hémoculture, consistant à ensemencer le culot provenant de la centrifugation du sang rendu incoagulable par addition de citrate de soude. — **MM. H. Gougerot** et **G. Laroche** ont obtenu chez le cobaye tuberculisé et tuberculinisé une lésion chéloïdienne au point d'une injection de tuberculine; elle est semblable à la chéloïde humaine, dont elle reproduit les deux aspects folliculaire et non folliculaire. — **MM. M. Cordier, H. Rajat** et **G. Péju** ont obtenu des cultures totalement achromogènes de *Micrococcus prodigiosus* en les développant en présence de liquides à haute tension de vapeur, comme l'éther. — **M. E. Levi** présente un appareil, dit clonographe, destiné à obtenir des tracés graphiques de la trépidation du pied. — **MM. A. Slatineanu** et **D. Danielopol** confirment que le sérum d'un malade atteint de lèpre est capable de fixer l'alexine en présence d'un des antigènes employés pour la séroréaction de la syphilis; le liquide céphalo-rachidien des lépreux ne possède pas cette propriété. — **M. F.**

Digitized by Google

Dévé a remarqué que, chez l'écureuil, les kystes qui succèdent à l'ingestion d'œufs de ténia échinocoque se développent presque exclusivement dans le poumon ; la localisation hépatique est exceptionnelle. — **MM. Ch. Dopter** et **R. Koch** ont étudié l'action du méningocoque et des bactéries similaires sur les milieux sucrés au neutralroth. — **M. L. Launoy** a constaté que les altérations primitives d'une cellule hépatique soumise à l'autolyse aseptique dans une solution de NaCl sont cytoplasmiques ; les altérations ne sont évidentes qu'au bout de 24 heures. — **M. W. Oechsner de Coninck** émet l'hypothèse que l'acide oxalique pourrait se former dans les végétaux par oxydation de deux molécules d'acide formique au moyen d'une oxydase. — **M. A. Frouin** a reconnu que le sérum d'anguille filtré sur membrane de collodion conserve ses propriétés hémolytiques. — **M. P. Carnot** a constaté, d'une façon générale, une résistance beaucoup plus considérable des cellules néoplasiques que des cellules normales correspondantes dans les diverses solutions cytolytiques. — **M. S. Mutermilch** a observé que l'extrait alcoolique de différentes races de vibrions cholériques est fortement hémolysant ; cette propriété se conserve après chauffage pendant 15 minutes à 100°. — **MM. P. Remlinger** et **O. Nouri** montrent que le microbe qui vaccine le mieux les géloses est le bacille pyocyanique ; aucun micro-organisme ne pousse sur les milieux où il s'est développé ; viennent ensuite les vibrions cholérique, hydrique et le *B. prodigiosus*.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 25 Juin 1908 (Suite).

M. A. Fowler : *Le spectre du scandium et ses relations avec le spectre solaire.* 1° Le spectre d'arc du scandium est formé de deux séries distinctes de lignes. 2° Les lignes appartenant à la première série correspondent aux lignes élargies des autres éléments : *a*) elles sont très faibles ou font défaut dans le spectre de l'arc à flamme et sont renforcées en passant à l'arc dans l'hydrogène ; *b*) elles apparaissent comme lignes relativement fortes dans le spectre de Fraunhofer ; *c*) elles sont affaiblies dans le spectre des taches solaires ; *d*) elles agissent comme lignes de grande altitude dans la chromosphère. 3° Les autres lignes offrent un grand contraste quand on les compare au premier groupe : *a*) ce sont des lignes relativement fortes dans le spectre de l'arc à flamme ; *b*) elles sont très faiblement représentées dans le spectre de Fraunhofer ; *c*) les lignes les plus fortes sont prédominantes dans le spectre des taches solaires ; *d*) elles n'ont pas été enregistrées dans le spectre de la chromosphère. 4° La plus grande partie de l'absorption du scandium dans le spectre solaire a lieu à une plus grande hauteur que celle où se produit principalement l'absorption du fer. 5° Les cannelures qui se trouvent dans l'arc et la flamme d'arc n'apparaissent pas quand l'arc jaillit dans une atmosphère d'H ; elles sont probablement dues à l'oxyde de scandium. — **M. J. Mellanby** : *Recherches sur l'antitoxine diphtérique.* Toutes les propriétés du sérum antidiphtérique montrent que l'antitoxine de la diphtérie est une protéine qui possède des caractères identiques avec l'albumine α du sérum, la protéine formant 85 °/₀ de la quantité totale présente. Les courbes de précipitation par l'alcool des sérums anti-toxiques de forces diverses montrent que cette protéine est ajoutée au sérum pendant l'immunisation et que la propriété antitoxique n'est pas due à l'addition d'un groupe possédant ce caractère à une molécule de protéine normale. L'une des fonctions des protéines composant le groupe de l'albumine-α est probablement de protéger les tissus contre la maladie. La production de l'antitoxine diphtérique paraît due à une sécrétion active des leucocytes, cette sécrétion étant stimulée par l'ingestion de molécules de toxine. — **MM. S. M. Copeman** et **H. W. Hake** montrent que le pourcentage d'acide chlorhydrique physiologiquement actif dans le contenu gastrique des souris et des rats est, en général, légèrement plus élevé quand ces animaux sont porteurs de tumeurs cancéreuses qu'à l'état normal. Bien que le peu d'expériences faites sur l'homme ne permette pas de conclure que la sécrétion d'HCl est normale dans le cancer, il est certain qu'elle n'est pas fortement diminuée par cette affection, comme on l'a prétendu.

Communications reçues pendant les vacances.

Lord **Rayleigh** : *Les vortex dans un liquide oscillant.* L'auteur a soumis cette question au traitement mathématique, en se bornant au cas de l'eau profonde. Si ses calculs sont corrects, la conclusion obtenue est qu'une surface libre ne peut pas engendrer de vortex de la nature de ceux qui ont été récemment observés par Mme Ayrton (où l'eau s'élève dans le milieu du réservoir et descend sur les bords), au moins si l'on suppose la viscosité faible et n'incluant que le carré du mouvement. L'explication de ces vortex devra être cherchée dans une autre voie. — Sir **J. Dewar** a déterminé *la vitesse de production de l'hélium par le radium.* Il arrive à une valeur de 0,37 millimètre cube par gramme de radium et par jour, concordant avec celle que Rutherford a déduite de considérations théoriques. Par contre, Cameron et Ramsay avaient trouvé une valeur 8 fois plus forte, soit 3 millimètres cubes. — **M. R. J. Strutt** : *Sur l'accumulation de l'hélium dans les temps géologiques.* L'auteur a constaté que les nodules phosphatiques et les os phosphatisés de tous les âges géologiques possèdent une radio-activité marquée, plusieurs fois plus élevée que celle des roches. Cette activité est due à des produits de la série de l'uranium. L'hélium a été décelé dans tous ces matériaux, même quand ils ne sont pas plus anciens que l'âge pliocène. Le rapport de l'hélium à l'oxyde d'uranium ne suit pas strictement l'ordre de superposition des strates ; mais on ne trouve pas de rapports élevés dans les dépôts les plus jeunes, tandis qu'ils sont communs dans les dépôts anciens. Il est probable que l'hélium a été imparfaitement retenu, au moins dans quelques cas. L'auteur donne les valeurs provisoires suivantes pour le temps nécessaire à l'accumulation de la quantité d'hélium trouvée dans les nodules et autres substances :

	ANNÉES
Nodules phosphatiques :	—
du Crag	225.000
du Sable vert supérieur.	3.080.000
— inférieur	3.950.000
Hématite recouvrant le calcaire carbonifère	141.000.000

— **M. R. J. Strutt** : *Sur l'hélium dans les minéraux salins et ses rapports probables avec le potassium.* L'auteur a examiné les sels de Stassfurt et y a trouvé les quantités suivantes d'hélium et d'uranium :

	HÉLIUM mm.c. par 100 gr.	U^3O^8 gr. par 100 gr.	RAPPORT hélium uranium
	—	—	—
NaCl.	0,0233	$7,1 \times 10^{-6}$	3.3
KCl	0,55	$2,15 \times 10^{-6}$	256
$KMgCl^3.6H^2O$. . .	0,151	$3,23 \times 10^{-6}$	47
$MgSO^4.H^2O$. . . .	0,0179	$6,47 \times 10^{-5}$	0,277

On voit que la sylvine et la carnallite donnent de forts rapports de l'hélium à l'oxyde d'uranium. Il ne paraît pas probable que les faibles traces d'U et de Ra présentes puissent rendre compte d'une si grande quantité d'hélium ; on pourrait l'expliquer par la présence du potassium, dont Campbell et Wood ont montré récemment la radio-activité.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 22 30 NOVEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Élection à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans sa séance du 9 novembre, l'Académie des Sciences de Paris a procédé à l'élection d'un membre dans sa Section d'Anatomie et de Zoologie, en remplacement de M. Alfred Giard. La Section avait présenté la liste suivante de candidats : en 1re ligne, MM. Henneguy et Marchal; en 2e ligne, MM. F. Houssay et L. Joubin; en 3e ligne, MM. M. Caullery, Ch. Gravier, Ch. Janet, F. Mesnil, Pizon et E. Trouessart.

Au premier tour de scrutin, M. Henneguy a obtenu 37 suffrages, M. Houssay 15 et M. Marchal 1. En conséquence, M. Henneguy a été déclaré élu.

Le nouvel académicien est connu par une série étendue de travaux dans le domaine de la Cytologie et de l'Embryogénie. Avec son maître Balbiani, le premier en France il s'occupa de la karyokinèse chez les animaux; il trouva, dans les cellules embryonnaires des Poissons osseux, un objet des plus favorables pour ses recherches et spécialement pour l'étude de la figure achromatique; ces travaux l'amenèrent à examiner de plus près la structure même du protoplasma, au sujet de laquelle il a élucidé plusieurs questions importantes. A la suite de ces recherches, M. Henneguy a réuni l'ensemble des connaissances acquises sur la constitution de la cellule et son évolution dans ses *Leçons sur la Cellule, morphologie et reproduction*, professées d'abord au Collège de France, puis réunies en un ouvrage qui fait autorité en la matière.

Dans le champ de l'Embryogénie, ses travaux ont porté principalement sur le développement des Téléostéens, groupe qui présente un intérêt spécial par ses particularités embryologiques; ses recherches l'ont amené à traiter un certain nombre de questions d'Embryogénie générale, telles que le mode de formation des feuillets blastodermiques et la théorie de la gastrula, le processus d'accroissement de l'embryon et la théorie de la concrescence, puis, plus tard, la constitution des organes reproducteurs et des éléments sexuels. Là encore, l'apport de M. Henneguy à la Biologie a été considérable.

« L'Histologie, a dit M. Ranvier, ne peut faire des progrès que par une technique bien connue, bien nette, bien formulée. » Pénétré de l'importance de ces paroles, M. Henneguy s'est efforcé, dès le début de ses recherches, d'éprouver, en les pratiquant lui-même, tous les procédés techniques mis en œuvre dans les laboratoires, ce qui l'a conduit à clarifier, par une judicieuse sélection, les méthodes en usage et à en créer lui-même de nouvelles. Par la publication de son *Traité des méthodes techniques de l'Anatomie microscopique*, en collaboration avec M. Bolles Lee, il a puissamment contribué à faire connaître en France les méthodes, devenues aujourd'hui d'un usage courant, des inclusions à la paraffine, des coupes en série, des colorations par les couleurs d'aniline. Un grand nombre de travailleurs sont venus au Laboratoire d'Embryogénie comparée du Collège de France s'initier pratiquement à ces méthodes et les ont introduites dans les Laboratoires de nos Universités.

C'est cet ensemble de travaux originaux, ainsi que la technique habile qui les a rendus possibles, que l'Académie des Sciences a voulu récompenser en appelant M. Henneguy dans son sein; la *Revue* exprime à son éminent collaborateur ses vifs compliments pour cette haute distinction.

Les prix Nobel pour 1908. — Suivant une information parvenue de Stockholm, la Commission chargée de désigner les titulaires des Prix Nobel pour l'année courante a porté son choix sur les savants suivants :

Le Prix pour la Médecine et la Physiologie sera attribué conjointement à M. Elie Metchnikoff, sous-directeur de l'Institut Pasteur de Paris, et au Dr Ehrlich, directeur de l'Institut de Thérapeutique expérimentale de Francfort, pour leurs célèbres recherches sur l'immunité,

Le Prix pour la Chimie sera décerné à M. E. Rutherford, professeur à l'Université de Manchester, pour ses beaux travaux sur le radium et la radio-activité.

Le Prix pour la Physique sera attribué à M. Max Planck, professeur à l'Université de Berlin, pour ses recherches en Thermodynamique et en Electricité.

La *Revue* est tout particulièrement heureuse d'enregistrer l'hommage qui vient d'être décerné à son illustre collaborateur le Professeur Metchnikoff et de l'en féli-

Digitized by Google

citer : sa mémorable découverte de la phagocytose et ses brillantes recherches sur l'immunité, que tous nos lecteurs connaissent, l'imposaient tout naturellement au choix de la Commission suédoise.

§ 2. — Astronomie

Les mouvements systématiques des étoiles. — Dans une Note parue dans le numéro du 15 mars 1908, nous avons donné les résultats extrêmement intéressants obtenus par MM. Kapteyn et Eddington à la suite des mesures de vitesses stellaires.

D'après les travaux de ces astronomes, toutes les étoiles trouvées jusqu'ici, et en grand nombre, offrent des mouvements systématiques qu'on peut réduire à deux principaux. Il y aurait donc deux courants d'étoiles, et notre Soleil appartiendrait au plus lent de ces deux courants.

M. Dyson a repris le problème pour son propre compte et a étudié les mouvements de 1.100 étoiles, ayant des mouvements propres compris entre 20″ et 80″ par siècle. L'examen a porté aussi bien sur les étoiles de l'Hémisphère austral que sur celles de l'Hémisphère boréal.

Le résultat confirme pleinement les conclusions de MM. Kapteyn et Eddington.

Voici les positions trouvées pour les apex des deux courants par les trois observateurs :

	Courant I		Courant II	
	α	δ	α	δ
Kapteyn	85°	— 11°	260°	— 48°
Eddington . . .	90°	— 19°	292°	— 58°
Dyson	94°	— 7°	240°	— 74°

Les étoiles examinées par M. Dyson, et qui ont toutes un mouvement rapide, montrent les deux courants très distincts, surtout dans le cas du courant I.

Pour le courant I, les trois déterminations concordent à moins de 7° près de la position $\alpha = 90°$; $\delta = -12°$.

Pour le courant II, la concordance est à moins de 14° de la position $\alpha = 263°$; $\delta = -60°$.

Th. Moreux.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

L'air comprimé à bord des navires. — L'air comprimé est déjà employé, à bord des navires de guerre, pour plusieurs usages : il sert d'abord à charger les réservoirs des torpilles automobiles, qui sont à une pression de 100 kilogs en général, de 150 kilogs sur les derniers modèles; il actionne certains transmetteurs d'ordre; à bord des sous-marins, il est une des sauvegardes principales du bâtiment, car il est utilisé constamment pour expulser au dehors, lorsque l'on veut remonter, l'eau qui avait été introduite dans les réservoirs spéciaux pour la descente. Aussi tous les navires de guerre, même les petits, sont-ils munis de compresseurs d'air, à vapeur, à pétrole ou électriques, qui leur permettent de renouveler leur approvisionnement. Mais les moteurs à air comprimé, qui sont d'un usage courant dans l'industrie, en particulier dans l'exploitation des grands chantiers de construction, ne sont pas encore employés sur les bâtiments de guerre ni de commerce.

Il ne peut être question de s'en servir pour la propulsion. L'exemple de la torpille Whitehead, qui est mue de cette manière, est là pour montrer que c'est un mode d'accumulation de l'énergie très encombrant et très coûteux; si, cependant, aucune torpille automobile n'a d'autre système, c'est que celui-là est le seul qui puisse convenablement fonctionner dans ces conditions spéciales, c'est-à-dire sous l'eau. Le premier sous-marin essayé en France, le *Plongeur* de 1868, avait également une machine actionnée par l'air comprimé; mais, dès que les moteurs et les accumulateurs électriques furent entrés dans le domaine de la pratique, ils furent employés, à l'exclusion de tout autre mode de propulsion, pour ce cas particulier qui leur convenait tout spécialement.

Mais la machine à vapeur présente, pour les innombrables moteurs auxiliaires qui se trouvent dans toutes les parties du bâtiment, de très graves inconvénients. Son emploi oblige à disposer dans tous les compartiments des tuyautages de vapeur volumineux, dont les joints sont difficiles à faire d'une manière parfaite, et qui échauffent beaucoup l'intérieur du navire; ces tuyautages sont, en outre, exposés à des ruptures, d'où résultent de très sérieux accidents de personnel; en outre, les machines elles-mêmes, dans leur fonctionnement, vicient l'air par les vapeurs de matières grasses fortement échauffées, et par la vapeur que laissent échapper leurs joints; l'état hygrométrique de l'air est modifié. On évite en partie ces inconvénients en installant, pour la commande des ventilateurs, des treuils, etc., des moteurs électriques; mais le moteur électrique ne se prête pas également bien à tous les usages, et en particulier les brusques variations d'effort risquent de lui causer de grosses avaries. Le moteur à air comprimé serait très avantageusement employé, à ce point de vue, pour commander la machine à gouverner et le cabestan, qui sont situés aux extrémités du navire, exigent de longs tuyautages s'ils sont à vapeur et ne sont pas très sûrs s'ils sont électriques. La machine à air comprimé présenterait, en outre, l'avantage de pouvoir continuer à travailler même s'il y avait une voie d'eau dans le compartiment; elle le rafraîchirait par la détente de l'air qui l'actionne.

On a pensé à obtenir la ventilation de l'intérieur des bâtiments par des jets d'air comprimé; cela serait évidemment commode par la suppression des ventilateurs et de leurs tuyautages de vapeur ou canalisation électrique; mais cela amènerait à des dépenses d'air si considérables que l'on ne peut songer à appliquer cette solution. Par contre, il serait possible et avantageux de faire actionner par l'air comprimé certains ventilateurs, notamment ceux des soutes qui sont les plus importants et ceux pour lesquels il est le plus désirable d'employer des moteurs qui ne donnent ni élévation de température, ni risques d'accidents.

Enfin, nous avons déjà parlé ici de l'emploi de l'air comprimé pour le sauvetage éventuel des navires coulés, et en particulier des sous-marins. Ce n'est pas là un usage courant, mais il est utile de le prévoir et l'on y trouve une nouvelle raison pour munir tous les bâtiments, au moins ceux d'un assez grand déplacement, de puissants compresseurs d'air.

§ 4. — Physique

L'explication mécanique des phénomènes électriques dans l'hypothèse d'un éther universel continu. — Dans une brochure récemment parue [1], M. H. Witte a essayé de traiter, par une méthode nouvelle et qui semblait promettre d'intéressants résultats, le problème d'une explication mécanique des phénomènes électriques.

La tendance, que manifeste la Physique, d'exprimer les phénomènes d'ordres multiples accessibles à nos sens par un système de notions aussi unitaires que possible, en simplifie de plus en plus l'étude; elle facilite aussi la recherche des faits en dressant les cadres où ils peuvent venir s'insérer. La Mécanique, la Thermodynamique et l'Electrodynamique sont, jusqu'à une date récente, restées isolées; mais, loin de s'en tenir là, les physiciens modernes arrivent à répartir la matière de la Thermodynamique dans le domaine de ses deux voisines.

On sait aussi que, poussant plus loin la recherche

[1] H. Witte : Ueber den gegenwartigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklarung der elektrischen Erscheinungen. — Chez E. Ebering, Berlin.

Digitized by Google

de l'unification, certains physiciens ont pensé pouvoir opérer la liaison de l'Electrodynamique à la Mécanique, que relient d'une part, le principe de la conservation de l'énergie, qui leur est commun, et, d'autre part, la symétrie de forme des expressions analytiques du champ mécanique et du champ électrique.

Dans un Mémoire inséré dans les *Annalen der Physik* (1908, n° 7), M. Witte reprend ce même problème; mais, au lieu de l'attaquer, comme on l'avait fait jusqu'ici, par des procédés dépourvus d'enchaînement, il l'a méthodiquement soumis à une analyse systématique. L'auteur remarque tout d'abord que l'explication des phénomènes électriques doit être cherchée uniquement dans le groupe des théories mécaniques reposant sur la mise en équation de propriétés définies. Ces théories (au nombre de neuf) sont déduites des lois fondamentales mathématiques de la Mécanique et de l'Electrodynamique : équation du mouvement (ou principe de Hamilton); équation de continuité; interprétabilité cinématique de l'équation d'énergie, d'une part; équations fondamentales de la théorie de Maxwell-Lorentz, de l'autre, — à la condition d'écarter les hypothèses ou déductions relatives aux pressions régnant au sein de l'éther pur. La liste donnée par l'auteur comporte deux genres de théories basées sur les effets à distance et sept genres de théories d'effets de champs, qui, à leur tour, se subdivisent en théories d'émission (un genre) et d'ondulation (six genres). Or, ces dernières théories ont ceci de commun qu'elles stipulent toutes l'existence d'un « éther universel », soit d'un milieu qui, en présence ou en l'absence de matière pondérable, serait le seul support de l'énergie électrique et magnétique. Comme les trois premiers genres de théories, suivant les recherches antérieures de l'auteur, doivent être écartés *a priori*, l'hypothèse d'un éther universel se montre indispensable. Or, comme les cinq genres restants de théories se montrent incompatibles, dans l'hypothèse d'un éther continu pur, avec les lois fondamentales de la Mécanique et les faits fondamentaux de l'Electrodynamique, il reste, dans l'hypothèse faite, un seul genre susceptible de fournir des théories mécaniques, des phénomènes électriques. C'est ce dernier genre que l'auteur étudie avec plus de détails dans le présent Mémoire, en tâchant d'arriver, par une subdivision progressive, à un nombre fini de théories susceptibles d'une formulation mécanique et d'un examen direct.

Le remarquable résultat auquel il arrive consiste à démontrer l'inadmissibilité de l'hypothèse d'un éther universel pur, possédant les propriétés d'un continu en dehors de la matière pondérable. Aussi, pour convertir en un monisme physique le dualisme : Mécanique-Electrodynamique, réalisé par la Physique actuelle, il faudrait admettre cette hypothèse : L'éther universel pur, extérieur à la matière pondérable, est d'une constitution *discontinue* dans l'Univers tout entier. Or, comme cette hypothèse manque de tout argument positif appartenant à un domaine quelconque de la Physique, il n'y a aucun avantage à retirer de son adoption, et, en raison du principe de l'économie, il convient de l'écarter en renonçant d'une façon générale à toute hypothèse d'un éther universel, donc à *toute explication mécanique des phénomènes électriques.*

L'hystérèse élastique et l'hystérèse magnétique. — Dans une thèse inaugurale récemment présentée à l'Université de Goettingue, M. H. Tobusch apporte une contribution précieuse à l'étude de la question, si souvent discutée, de savoir si le parallélisme observé entre les effets résiduels (ou d'hystérèse) élastiques et magnétiques est aussi d'un ordre quantitatif, c'est-à-dire si les phénomènes magnétiques et les phénomènes élastiques sont réellement gouvernés par les mêmes lois mathématiques.

Après avoir passé en revue la théorie de Wiechert, l'auteur rend compte de ses recherches expérimentales. Ses expériences relatives à l'hystérèse élastique se limitent, en général, aux effets d'inflexion. M. Tobusch étudie, à ce point de vue, des ressorts en spirale, dont la déformation maxima, pour une longueur suffisante, se réduit à un minimum, en même temps que les effets résiduels ne peuvent être que très faibles. Les difficultés expérimentales s'opposant à la constatation d'effets résiduels temporaires sont bien plus grandes pour les phénomènes magnétiques que pour les élastiques : il est, en effet, à peu près impossible de maintenir constante, pendant un temps prolongé, la position de repos d'une aiguille exposée à de nombreuses forces perturbatrices. Le dispositif indiqué par l'auteur, pour étudier les phénomènes magnétiques, unit les avantages du magnétomètre de Gauss à une compensation aussi complète que possible. Les effets des quatre pôles du système astatique s'ajoutent, tout en éliminant, grâce à leur disposition symétrique, presque toutes les perturbations extérieures.

Quant à l'hystérèse élastique, la théorie établie par M. E. Wiechert, pour le cas des ressorts d'acier, se trouve bien concorder avec l'expérience. Or, cette théorie permet de déterminer d'avance la grandeur de l'hystérèse élastique et de tenir compte de ce facteur dans les lectures d'instruments. Tout ce qu'il faut, pour cela, c'est faire la part des déformations permanentes étrangères à la théorie, ou les éliminer.

L'hystérèse magnétique obéit, à son tour, à la théorie de E. Wiechert. C'est dire que le parallélisme quantitatif entre les effets résiduels magnétique et élastique est confirmé par l'expérience. Les deux ordres de phénomènes présentent une allure à peu près identique. Incidemment, l'auteur vérifie l'hypothèse énoncée par Weber au sujet de la loi d'aimantation, pour les forces magnétiques de l'ordre de grandeur des variations du magnétisme terrestre.

La proportionnalité entre la force magnétisante et le moment magnétique résultant, qu'on admettait jusqu'ici, sans démonstration préalable, dans la construction des variomètres d'intensité verticale, basés sur l'induction magnétique, se trouve à son tour définitivement vérifiée.

L'effet de la pression sur le point d'ébullition du soufre. — On considère actuellement le thermomètre à résistance de platine comme le dispositif le plus précis que nous possédions pour faire des mesures de température dans un intervalle très étendu. Or, on sait que les trois points fixes fondamentaux sur lesquels se base, en général, l'échelle de cet instrument sont 0°, 100° et le point d'ébullition du soufre. Ce dernier point sert à déterminer la constante caractéristique de l'espèce de fil employée dans l'instrument (constante qu'on désigne en général sous le terme de δ du thermomètre), en mesurant la résistance du thermomètre à la température de la vapeur de soufre, bouillant librement sous la pression atmosphérique. Bien que cette température ait été déterminée avec précision par différents expérimentateurs pour la pression normale, ses changements avec la pression ont toujours été sujets à une grande incertitude.

Dans un Mémoire présenté à l'Association britannique pour l'Avancement des Sciences, MM. J.-A. Harber et F. P. Sexton essaient de donner la solution de cet intéressant problème, en étudiant l'influence de la pression sur le point d'ébullition du soufre, dans un intervalle qui dépasse de beaucoup les limites atmosphériques usuelles. Les résultats de leurs expériences sont représentés, avec une grande approximation, par la formule :

$$T = Ts + 0{,}0904(p - 760) - 0{,}0000519(p - 760)^2,$$

où T est la température de la vapeur dans l'échelle du thermomètre à air, à la pression p, et Ts le point d'ébullition normal.

La table suivante donne les différences entre le point

Digitized by Google

d'ébullition normal et celui qui correspond aux différentes pressions :

PRESSION	T — T₀	DIFFÉRENCE par mm. de pression
740	— 1,83	
750	— 0,91	0,092
760	+ 0,00	0,091
770	+ 0,90	0,090
780	+ 1,79	0,089

Ces différences, on le voit, décroissent assez rapidement à mesure que la pression augmente; elles sont bien plus grandes que la valeur généralement adoptée, déduite des expériences de Regnault (0,082 mm. par degré). Si, par exemple, la valeur de δ était calculée pour un thermomètre dont le δ vrai, suivant des observations faites à 730 millimètres, serait égal à 1.500, la température de la vapeur étant déterminée par les données de Regnault, cette valeur de δ serait affectée d'une erreur de 0,018. L'échelle de l'instrument avancerait, par conséquent, de 0°,36 à la température de 500°, et de 1°,6 à la température de 1.000°, c'est-à-dire de quantités nullement négligeables pour des travaux d'une précision même moyenne.

§ 5. — Electricité industrielle

La première ligne de traction monophasée en Angleterre : le Chemin de fer Heysham-Morecambe. — En août 1906, les directeurs du *Midland Railway* décidèrent d'électrifier, à titre expérimental, la section Heysham-Morecambe-Lancaster, très avantageusement située pour permettre des essais méthodiques. Cette ligne électrique, qui est la première équipée par le courant monophasé en Angleterre, a été inaugurée le 13 avril dernier, et, d'après une communication de l'un des fonctionnaires dirigeants à l'assemblée des actionnaires, les résultats obtenus jusqu'ici peuvent être tenus pour satisfaisants.

La partie électrifiée est à double voie entre Heysham et Morecambe et entre Morecambe et Lancaster Green Ayre, et à simple voie de Lancaster Green Ayre à Lancaster Castle; elle a, au total, 35 kilomètres environ de longueur.

L'équipement de la ligne a été construit par MM. Siemens frères; le mode de suspension adopté est le système caténaire de cette maison, avec fil de support intermédiaire et tendeurs à poids.

Le courant est fourni directement au fil aérien (il n'y a pas de fil d'alimentation) par l'usine génératrice établie, il y a quelques années, à Heysham, pour produire l'électricité destinée au service des grues, cabestans, etc., du port, et dont l'équipement, constitué par des groupes à moteur à gaz pauvre, a été augmenté d'un nouveau groupe de 350 chevaux et de deux moteurs-générateurs transformant le continu des premières machines en alternatif à 6.600 volts et 25 périodes.

Le matériel roulant spécial de la nouvelle ligne se compose de trois automotrices et de quatre remorques à deux bogies; deux des automotrices ont été équipées par la Société Siemens, et la troisième par la *British Westinghouse Company*; la raison de cette répartition a été que la Compagnie Westinghouse désirait maintenir son système de commande électro-pneumatique, alors que la Compagnie du Midland préférait le contrôle électrique; les offres des deux constructeurs étaient également acceptables.

Les automotrices et les remorques ont toutes deux cabines de contrôle; les premières ont une capacité de 72 places; les secondes, de 56.

L'équipement électrique spécial des automotrices se compose essentiellement de deux moteurs, un sur chaque essieu de l'un des boggies; comme, avec le courant alternatif, il n'y a pas lieu de recourir au groupement en cascade, les ingénieurs du Midland ont estimé qu'il ne convenait pas de fractionner inutilement la force motrice et que deux moteurs devraient suffire. Les engins ont une capacité de 180 chevaux sur les véhicules Siemens et de 150 sur le véhicule Westinghouse.

Les automotrices Siemens ont deux dispositifs de prise, du type de tramway, avec levage par ressorts et rabattement par un piston à vide; l'automotrice Westinghouse, un seul, du type pantographique, dont le levage est provoqué par l'air comprimé.

Les appareils à haute tension et les contacteurs, sur les premières, sont contenus dans des boîtes en tôle; il y a un transformateur principal, qui n'est pas en circuit à l'arrêt, un transformateur auxiliaire, des contacteurs, interrupteurs, fusibles, etc. Les moteurs sont refroidis par une ventilation forcée, l'air étant pris à l'intérieur de la voiture.

L'équipement moteur de l'automotrice Westinghouse comprend, outre les moteurs, un transformateur principal à un seul enroulement, un transformateur auxiliaire, les contacteurs électropneumatiques, interrupteurs, fusibles, etc.; le transformateur principal est toujours en circuit; l'air pour le refroidissement des moteurs est pris à l'intérieur et à l'extérieur, par l'intermédiaire d'un filtre à poussières.

Les services de chauffage et d'éclairage sont faits électriquement.

Les prescriptions de la Compagnie du Midland prévoyaient l'organisation de convois normaux d'une automotrice et de deux remorques, du poids de 25 1/2 et de 16 tonnes respectivement, sans l'équipement électrique, et pouvant circuler à la vitesse commerciale de 45 kilomètres à l'heure.

Ces prescriptions sont entièrement remplies.

Il a été constaté occasionnellement qu'un train de deux voitures, pesant 58 tonnes, avec automotrice Siemens, a pu atteindre une vitesse de 99 kilomètres à l'heure en 160 secondes, dans des conditions moyennement favorables.

L'automotrice Westinghouse a pu remorquer, à une bonne vitesse, des trains de 161 tonnes (le maximum prévu était de 82 tonnes); elle permet d'atteindre promptement, dans les conditions ordinaires, une vitesse de 80 kilomètres. **H.-M.**

§ 6. — Zoologie

Le VIIe Congrès international de Zoologie. — Le VIIe Congrès international de Zoologie, qui a eu lieu aux Etats-Unis, à Boston, sous la présidence de M. le Professeur Alexandre Agassiz, a été remarquable par l'importance de ses travaux. Il y a été fait 318 communications et 57 démonstrations. L'abondance et la diversité des sujets traités ont nécessité la formation d'un plus grand nombre de sections que dans les Congrès précédents.

Voici les dix sections organisées : I. « Animal Behavior ». II. Anatomie comparée. III. Physiologie comparée. IV. Cytologie et Hérédité. V. Embryologie et Zoologie expérimentale. VI. Entomologie et Zoologie appliquée. VII. Zoologie générale. VIII. Palæozoologie. IX. Zoologie systématique. X. Zoogéographie et Thalassographie.

Les questions intéressant la psychologie animale prenant une place de plus en plus grande dans les études zoologiques, notamment en Amérique, la création de la section *Animal Behavior* s'imposait. Il y avait 41 communications inscrites à cette section.

A signaler aussi l'importance des travaux sur les questions d'hérédité, de variation des caractères, d'hybridation. En Amérique, de nombreuses expériences sont entreprises et poursuivies avec activité sur ces différents sujets.

C'est dans l'une des séances générales de ce Congrès que fut proclamé le lauréat du prix Nicolas II, qui a été attribué à un très distingué collaborateur de la *Revue*, M. Cuénot, professeur à l'Université de Nancy. Dans une autre séance, on choisit le lieu de réunion du prochain Congrès : c'est à Gratz, en Autriche, que,

Digitized by Google

sur l'invitation de M. le Professeur von Graff, se tiendra, en 1910, le VIIIe Congrès international de Zoologie.

Mlle Loyez, zoologiste française qui assistait à ce Congrès, a publié dans le *Bulletin de la Société zoologique* un compte rendu des visites faites aux établissements scientifiques américains et, en particulier, au Parc national de Yellowstone. Quant aux communications faites dans les différentes sections, elles paraîtront prochainement dans un volume spécial publié par le Congrès.

§ 7. — Enseignement

Les Amis de l'Université de Paris. — La dernière Assemblée générale de la Société des Amis de l'Université de Paris a entendu et approuvé le Rapport de M. Lyon-Caen, membre de l'Institut. Le capital de cette Société s'élève aujourd'hui à près de 200.000 francs.

En 1908, les recettes ordinaires seront de 16.643 fr., dont 14.000 seront consacrés à des bourses de voyage à l'étranger, à des subventions, à des groupements d'élèves, à l'achat d'instruments, de reproductions d'art, etc.

Mme Henry-Gréard, fille de l'ancien recteur, a fondé, en mémoire de son père, une bourse de voyage de 1.200 francs. Cette bourse est attribuée à M. Dodelu, étudiant de la Faculté des Sciences, pour aller en Allemagne étudier l'état de l'industrie et l'organisation des Universités.

Les bourses de voyage fondées par la Société sont au nombre de six et de 500 francs chacune; elles sont attribuées à six étudiants de la Faculté de Droit.

La Faculté de Médecine reçoit 2.000 francs pour l'achat d'une lanterne à projections, et 1.000 francs pour l'achat de microscopes destinés au laboratoire de Parasitologie.

Une somme de 4.000 francs est attribuée à la Faculté des Sciences, dont 1.500 francs destinés à l'achat d'appareils pour une salle d'étude au Laboratoire maritime de Roscoff, 1.500 francs pour un spectrographe destiné au Laboratoire de Chimie analytique, et 1.000 francs pour un microscope perfectionné réclamé par le Laboratoire d'Evolution des êtres organisés.

A la Faculté des Sciences se rattachent deux institutions libres : la Salle de travail des Etudiants et l'Association des élèves et anciens élèves de la Faculté. Elles reçoivent 500 francs pour développer leur bibliothèque et se munir du matériel nécessaire aux conférences qu'elles organisent.

La Faculté des Lettres reçoit 1.450 francs pour aider à l'installation des salles de travail.

Enfin, l'Ecole supérieure de Pharmacie reçoit 850 fr. qui serviront à l'achat d'appareils pour le Laboratoire de Pharmacie clinique.

En terminant, M. Lyon-Caen rappelle que la Société, en neuf ans, a dépensé dans l'intérêt des étudiants et des laboratoires plus de 100.000 francs. « C'est une somme honorable, dit-il, mais elle est bien modeste, quand on songe à tous les besoins auxquels il serait si désirable que nous pussions donner satisfaction. » Et il ajoute :

« Ici même, on a cité à plusieurs reprises l'exemple de la Grande-Bretagne, des Etats-Unis d'Amérique et de l'Allemagne. Les universités y doivent leur grande prospérité aux puissants concours financiers qui leur sont donnés de toutes parts. Notre Société a la mission de contribuer à favoriser un mouvement analogue, en associant les particuliers au développement de l'Université de Paris. Il faut que, grâce à la multiplicité de ses enseignements, à la richesse de ses laboratoires et de ses collections de toute nature, au nombre de ses institutions créées dans l'intérêt des étudiants, elle soit, selon les expressions mêmes de nos statuts, digne, à tous égards, de la capitale de la France. »

§ 8. — Sciences diverses

Le Commerce de la France en 1907. — L'année 1907 peut être considérée, dans son ensemble, comme très favorable à la production et au commerce de notre pays[1]. L'agriculture a fourni d'abondantes récoltes et bénéficié de cours rémunérateurs. Plusieurs industries ont été vraiment prospères; l'industrie textile, en particulier, a donné lieu à des affaires exceptionnellement actives. La répercussion de la crise américaine atteindra surtout les résultats de l'année 1908.

Nos échanges se sont élevés à 11.819 millions de francs en 1907. C'est une plus-value de 85 °/₀₀ sur les chiffres de 1906, soit 106 °/₀₀ sur les importations et 63 °/₀₀ sur les exportations. Le tableau suivant donne les résultats des cinq dernières années, en milliers de francs :

	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	TOTAL
	—	—	—
1903 . .	4.801.205	4.252.255	9.053.460
1904 . .	4.502.313	4.450.956	8.953.269
1905 . .	4.778.908	4.866.867	9.645.775
1906 . .	5.627.251	5.265.491	10.892.742
1907 . .	6.222.957	5.596.108	11.819.065

Nous occupons ainsi le quatrième rang dans le commerce du monde, comme en témoignent les chiffres ci-dessous, dont les valeurs sont exprimées en millions de francs :

1907.	Angleterre[2]	29.351,$_0$
1907.	Allemagne	19.263,$_0$
1907.	Etats-Unis	16.933,$_9$
1907.	*France*	*11.819*,$_1$
1906.	Pays-Bas	9.597,$_8$
1906.	Belgique	6.247,$_8$
1907.	Indes anglaises	5.788,$_0$
1907.	Autriche-Hongrie	4.908,$_4$
1906.	Italie	4.405,$_8$
1905.	Russie	4.565,$_3$

Le dernier tableau indique la répartition de notre commerce extérieur, en 1907, entre les principaux pays étrangers. Nous y ajoutons également la part des colonies et pays de protectorat; ce dernier chiffre, qui accuse un progrès incessant et régulier, dépasse de 150 °/₀₀ le total de 1906. Les valeurs représentent encore des millions de francs.

	IMPORTATIONS	EXPORTATIONS	TOTAL
	—	—	—
Angleterre	883.$_8$	1.368.$_3$	2.252
Allemagne	638.$_8$	649.$_7$	1.287.$_9$
Belgique	426.$_6$	860.$_9$	1.287.$_5$
Etats-Unis	670.$_9$	395.$_5$	1.066.$_4$
Algérie	290.$_6$	392.$_7$	683.$_3$
Suisse	117.$_8$	351.$_6$	468.$_6$
Italie	194.$_4$	264.$_0$	458.$_4$
Rép. Argentine . .	287.$_3$	110.$_6$	398.$_1$
Total des pays étrangers.	5.613.$_1$	4.910.$_4$	10.523.$_5$
Total des Colonies et pays de protectorat.	609.$_9$	685.$_7$	1.295.$_6$

Pierre Clerget,

Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

[1] *Commission permanente des valeurs de douane.* Rapport de M. Alfred Picard, président de la Commission, sur le Commerce extérieur de la France pendant l'année 1907. Supplément au *Moniteur officiel du Commerce* du 24 septembre 1908.

[2] Les chiffres concernant l'Angleterre et les Indes représentent le *commerce général*, tandis que ceux des autres pays sont ceux du *commerce spécial*. Le commerce général comprend toutes les marchandises entrées et sorties, quelle qu'en soit la destination; le commerce spécial, au contraire, n'embrasse que les objets taxés ou simplement mis en consommation. Du chiffre de l'Angleterre, il faudrait, pour le rendre comparable à ceux des autres pays, retrancher 2.320 millions, représentant la part des produits étrangers ou coloniaux qui ont été réexportés.

Digitized by Google

LES ORIGINES DE LA THÉORIE DE L'ÉTHER [1]

La théorie de l'Ether, telle qu'elle se présent dans la Physique moderne, a été et reste encore en voie d'évolution incessante. C'est une opinion trop souvent admise qu'après les travaux d'Arago et de Fresnel, de Maxwell et de Herz, l'idée d'Ether a acquis dans la science moderne sa forme définitive. Comme la théorie de la gravitation universelle, comme la théorie atomique en Chimie, la théorie de l'Ether a fini, prétend-on, par vaincre toutes les objections de principe. Elle a pris place dans la science, non comme une hypothèse, mais comme une vérité. La rigueur avec laquelle l'ont formulée des savants comme Lorentz ou Larmor ferme la voie à toute critique de calcul. La fécondité qu'elle a montrée, d'autre part, dans les applications physiques est un sûr garant de sa valeur expérimentale. Il ne reste donc plus, semble-t-il, qu'à l'enregistrer comme une synthèse des faits et à s'en servir comme d'un fil directeur pour la découverte de faits nouveaux.

Une remarque, pourtant, s'impose à l'esprit. Si la notion d'éther joue un rôle capital chez tous les physiciens, il n'en est peut-être pas deux qui conçoivent l'éther exactement de la même manière. Son existence est admise de tout le monde, ses propriétés varient d'un système théorique à l'autre et semblent dépendre surtout de l'usage auquel on les destine. Pour Fresnel et Neumann, l'éther ne possède que des propriétés élastiques. Mais déjà l'un considère l'éther comme un corps d'élasticité constante, qui résiste avec une force invincible à toute compression. Fresnel, au contraire, envisage l'éther comme doué d'une élasticité variable, mais répandu avec la même densité dans tout l'Univers. Encore n'est-il pas certain que Fresnel, selon les phénomènes qu'il s'agit d'expliquer, n'ait pas admis successivement les deux hypothèses[1]. Maxwell n'attribue à l'éther que des propriétés électromagnétiques. L'état de l'éther est connu en chaque point lorsqu'on connaît en grandeur et en direction un vecteur électrique et un vecteur magnétique issus de ce point. L'énergie qui réside dans l'éther ressemble pourtant à l'énergie élastique. On peut l'imaginer comme provenant de tensions et de tractions, que Maxwell estime d'ailleurs différemment, selon qu'il s'agit d'expliquer la polarisation diélectrique ou l'attraction électrostatique[2]. Pour Lorentz, l'éther est immobile; Fizeau le croit partiellement entraîné dans le mouvement de la matière; Sir Oliver Lodge en fait un fluide qui s'écoule lentement le long des tubes de force magnétique. L'éther peut-il agir sur la matière? Oui, répondent Helmholtz et Lorentz. Mais cette action se fait pour le premier conformément au principe de l'égalité de l'action et de la réaction, tout comme en Mécanique. Il semble bien qu'on ne puisse conserver ce principe dans l'Electrodynamique de Lorentz sans l'abandonner dans la Dynamique proprement dite.

On le voit, la notion d'éther est bien différente pour les savants modernes de ce qu'elle était pour les premiers chercheurs qui osèrent introduire dans la science positive l'idée d'une réalité qui n'est point matière, d'un fluide impalpable et sans poids. Elle est allée en se différenciant et en s'enrichissant depuis l'époque de Newton jusqu'à nos jours. Aux propriétés simples que Newton attribuait à l'éther pour expliquer les phénomènes d'Optique et de Gravitation sont venues s'ajouter des propriétés nouvelles, destinées à faire de l'éther un médiateur universel, aussi bien en Electricité, en Magnétisme et en Mécanique qu'en Optique ou en Astronomie. De là ces précisions graduelles apportées aux différentes théories de l'éther; de là cette multiplicité de définitions et de points de vue qui semble bien faite, au premier abord, pour encourager le scepticisme. Nous en tirerons un enseignement tout contraire. Si la théorie de l'éther est, même de nos jours, exposée à des changements incessants, dont quelques-uns menacent d'être des bouleversements, il faut en conclure que, de nos jours

[1] Au moment où l'étude de plusieurs sortes de phénomènes — flux cathodique, rayonnement X, ionisation, radio-activité, phénomène de Zeeman, actions diverses du champ magnétique — remet en cause les hypothèses fondamentales de la Physique, y compris la notion même de l'Ether, il nous paraît intéressant d'appeler l'attention du lecteur sur les origines des doctrines régnantes.

Au sujet des théories de l'Ether, nous pensons rendre service aux physiciens, surtout aux jeunes, qui ne les ont pas vues naître, en leur fournissant un exposé précis des faits positifs et des tentatives d'explication qui ont abouti à donner pour pivot à la Physique la pénétration réciproque de deux substances tenues jusqu'à ces dernières années pour irréductibles l'une à l'autre.

Le précepte de Descartes que, pour n'être point dupe des idées qu'on a dans l'esprit, il convient d'examiner les raisons qu'on aurait pu avoir de les accueillir ou de les rejeter, ne cesse d'être à la base de la méthode scientifique.

Quand on habite une vieille maison, il est toujours prudent d'en suspecter la solidité. Mais, lorsque l'édifice commence à fléchir, la question s'impose de savoir s'il y a moyen de l'étayer ou si l'on doit chercher ailleurs un abri. L'article suivant achemine le lecteur à considérer utilement cette éventualité.

NOTE DE LA DIRECTION.

[1] V. H. POINCARÉ : *Théorie mathématique de la Lumière*, t. I (Paris, chez Naud).

[2] Cf. H. POINCARÉ : *Electricité et Optique*, Paris, 1902. p. 88.

Digitized by Google

encore, elle fournit une image féconde des phénomènes. Y a-t-il un moment où la théorie de l'éther ait rendu de plus grands services qu'à ses débuts, à l'époque où elle se dégageait à peine, riche d'erreurs et de contradictions, des controverses de Hooke, de Huyghens, de Newton? Assurément non, et, même à l'époque où les illustres travaux de Fresnel lui eurent donné, avec la rigueur mathématique, un domaine qui semblait comprendre toute l'Optique, c'est encore par ses imperfections, par les lacunes qu'y relevaient ses adversaires, qu'elle a suggéré le plus de progrès. Un phénomène du même genre semble se passer sous nos yeux. Après une période d'éclatant triomphe, la théorie ondulatoire de Fresnel a reçu des découvertes modernes d'importantes restrictions. Il est des rayonnements qui n'ont rien de commun avec la propagation d'ondes lumineuses, ni la vitesse avec laquelle ils progressent, ni la périodicité, ni la structure intime. Ces rayonnements (rayons cathodiques, rayons canaux, rayons des substances radio-actives) paraissent se propager sans l'intermédiaire de l'éther. Leur mécanisme est purement matériel; il s'explique par les lois du choc appliquées aux atomes ou aux fragments d'atomes. On voit renaître ici l'opposition, vieille comme la théorie de l'éther elle-même, entre les phénomènes d'émission et les phénomènes d'ondulation. Et l'on peut dire, sans anticiper trop hardiment sur l'avenir, qu'aujourd'hui, comme à l'époque de Newton, cette opposition doit se résoudre par un compromis. L'histoire des sciences, comme l'histoire des idées, se répète quelquefois, et il n'est pas rare qu'après des siècles de développement mathématique, certains problèmes se posent presque exactement comme ils se posaient au début. C'est, au moins jusqu'à un certain point, ce qui semble être arrivé pour la théorie de l'éther. C'est ce qui peut donner un intérêt réel au retour rapide que nous allons faire sur l'origine même de cette théorie.

I

On s'est efforcé parfois de rechercher l'origine de l'idée d'éther jusque dans les conceptions philosophiques de l'Antiquité. Nous ne céderons pas à un tel goût d'archaïsme. Il est clair qu'Aristote, Lucrèce, tous les penseurs qui, pour la première fois, ont tenté d'analyser l'Univers matériel, ont été frappés de l'hétérogénéité de la matière. L'eau, l'air, la terre et le feu sont des substances qui n'ont presque rien de commun, pas plus qu'on ne peut, disaient-ils, comparer les atomes grossiers d'un métal avec les atomes ronds et polis dont l'âme est composée. Mais, vouloir tirer de distinctions aussi vagues l'ébauche de l'idée moderne d'éther, ne peut se faire, à notre sens, que par un jeu d'esprit. La raison en est simple. S'il est un trait distinctif de la notion d'éther, un caractère qui se retrouve partout sous la diversité des applications, c'est la définition de l'éther *comme distinct des milieux matériels*. Ce milieu nouveau peut être un ou multiple, divisible ou indivisible, pondérable ou impondérable, peu importe; le trait essentiel est qu'il n'a rien de commun avec ce qui est matière. Il est réel au même titre que la matière, peut-être même plus qu'elle; mais, tout en servant de substratum aux actions physiques, il n'est pas un *corps*. Pour être amené à introduire dans la science une semblable notion, il faut donc être arrivé déjà à se faire de la matière elle-même une idée scientifique positive. Tant qu'on reste, avec les philosophes de l'Antiquité, dans le domaine des visions métaphysiques, tant qu'on déclare indissolublement liées les idées de matière et d'essence ou de substance, il est difficile de donner de la matière une définition précise. *A fortiori* est-il impossible de dégager d'une manière nette l'idée d'un milieu éther, s'opposant aux milieux matériels. A vrai dire, il demeure permis de soutenir que certains métaphysiciens de génie ont, dès l'Antiquité, dans le monde d'abstractions où ils se mouvaient, pressenti des notions qui ont reçu un sens depuis. Mais c'est seulement par les lents progrès de la Physique et de la Chimie, par les conquêtes, plus rapides, de l'Astronomie et de la Mécanique, que les conceptions formelles des Anciens ont pris un contenu positif. La matière est devenue une réalité scientifique depuis qu'elle suit des lois mathématiques connues. L'éther, lui aussi, n'intéresse le savant que s'il peut donner lieu à des calculs et à des prévisions. A ce compte, Matière et Ether ont acquis droit de cité dans la science presque à la même époque. C'est au XVIIe siècle seulement, après la poussée scientifique de la Renaissance, qu'on peut chercher les premières traces d'une conception physique de l'éther. C'est aux précurseurs de Newton, c'est surtout à Newton lui-même, qu'il faut faire remonter l'honneur de cette conception [1].

Ce sont l'Optique et l'Astronomie, les deux seules sciences qui fussent arrivées depuis le XVIe siècle à un réel développement, qui ont été la double source où puisa Newton.

En Optique, on peut dire que la théorie des qualités occultes, malgré les erreurs qu'elle a fait commettre, est une de celles qui ont le plus favorisé la conception physique de l'éther. Elle a permis de concevoir la lumière comme une entité spéciale, distincte de la matière, constituant une substance

[1] V. L. Bloch: *La philosophie de Newton*, 1 vol. in-8°. Chez F. Alcan, Paris, 1908. Appendice, p. 610.

Digitized by Google

par elle-même. C'est de la sorte qu'Antoine de Dominis affirmait déjà, en 1611 [1], que la lumière est quelque chose qui s'ajoute aux corps et leur donne la couleur. Quand la lumière est pure et étincelante, elle prend l'aspect du feu. Lorsqu'elle perd son scintillement, elle donne la couleur blanche. Lorsqu'elle se mélange d'impuretés matérielles, vapeurs ou fumées, elle produit les différentes couleurs, d'abord le rouge, puis le vert, enfin le violet, selon la proportion de substances étrangères qui se mêlent à la substance lumineuse.

Pour Marcus Marci de Kronland [2], l'un des précurseurs les plus originaux de Newton, la lumière est aussi une substance susceptible de condensation et de raréfaction, indépendamment de la substance matérielle dans laquelle elle réside. C'est ainsi que le passage de la lumière d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent équivalait, pour Marcus Marci, à une condensation énergique des rayons, condensation à la suite de laquelle la lumière se présente avec des attributs nouveaux : elle est colorée, et cela d'une manière d'autant plus vive que la condensation a été plus énergique. La qualité de la lumière, c'est-à-dire son intensité, ne modifie en rien les couleurs de réfraction. Celles-ci dépendent de la seule condensation subie par la substance lumineuse au passage du prisme. On voit que, dès le commencement du XVIIe siècle, l'idée s'était fait jour que la lumière est distincte de la matière, qu'elle l'influence et est influencée par elle.

La théorie de la lumière accomplit un progrès important le jour où elle se rapprocha de la théorie du son, et où l'on songea à comparer le milieu où se propagent les ébranlements lumineux à celui qui sert de véhicule aux ondes sonores. On ne devait pas tarder à observer que la lumière se propage aussi bien dans le vide que dans l'air. Mais si, comme l'a montré Torricelli, l'air est matériel et pesant, tandis que le vide est seulement étendu, il faut en conclure que le mouvement lumineux peut se propager en dehors de toute matière. Il existe donc un milieu éthéré où s'effectuent les mouvements lumineux. C'est peut-être à Léonard de Vinci qu'il faut faire ressortir l'honneur d'avoir le premier saisi l'analogie entre la propagation des ondes lumineuses et celle des ondes fluides ou sonores.

Galilée, dans ses *Discours et Démonstrations mathématiques touchant deux sciences nouvelles*, explique très nettement que la lumière suppose le mouvement d'un milieu. L'idée de Galilée est que les effets physiques ont toujours des causes cinétiques. Le mouvement seul est capable de modifier les corps en leur ôtant ou leur donnant de la vertu. Or, la lumière peut, dans certains cas, produire des effets mécaniques puissants. Concentrée au foyer d'une lentille, elle peut amener une agitation des particules capables de fondre les métaux. Agissant sur une substance explosive, elle donne lieu à des mouvements violents. Il faut donc qu'elle soit elle-même en mouvement et, par suite, qu'elle mette en branle un milieu spécial. Galilée laisse indécise la question de savoir si le milieu lumineux est le siège de mouvements ondulatoires ou de chocs dus à des particules solides. Il lui suffit d'avoir mis en évidence la nécessité d'une *vitesse de propagation* caractéristique de la lumière. Il a même indiqué que cette vitesse est certainement bien supérieure à celle du son.

Isaac Voss, dans son célèbre ouvrage *Sur la Nature de la Lumière* [1], pose en fait que la lumière n'est pas un corps. Les corps sont impénétrables de leur nature et ne peuvent coexister au même lieu. La lumière jouit de propriétés exactement inverses. Rien n'est plus aisé à réaliser que la pénétration d'un rayon de lumière par un autre, ou la concentration de différents rayons en un seul point géométrique. Le feu est une chaleur intensive produite par l'ébranlement violent des corps solides ; mais cet ébranlement n'est pas corporel, il est « l'acte qui dissout les corps » (*actus dissolvens corpora*). Bien qu'immatérielle, la lumière est pourtant quelque chose de réel, au même titre que le son, l'odeur, la force magnétique. Même dans le vide, il faut considérer que la lumière existe encore. Mais elle parcourt le vide d'une manière invisible et instantanée, et ne redevient visible que dans les corps solides, en proportion même de leur solidité, c'est-à-dire d'autant plus que les parties poreuses sont plus réduites.

L'Optique de Grimaldi est fondée tout entière sur l'observation d'un phénomène nouveau : le phénomène de la diffraction. Si l'on veut comprendre ce phénomène, il convient de se représenter la lumière comme un fluide « qui se meut extrêmement vite et parfois sous forme ondulatoire à travers les corps transparents [2] ». Les alternances d'ombre et de lumière qui se produisent au voisinage d'une ouverture très petite sont de tous points comparables aux hauts et aux bas qui accompagnent la propagation des ondes liquides. La distinction des corps transparents et opaques se ramène à celle de corps assez poreux pour que la substance lumineuse puisse les traverser sans dévier sensiblement de la ligne droite, et de corps compacts qui rejettent la lumière sur

[1] Cf. *De radiis visus et lucis in vitris perspectivis et iride tractatus*, *Marci Antonii de Dominis*, Venetiæ, 1611.

[2] V. THAUMANTIAS : *Liber de Arcu Cœlesti deque Colorum Apparentium Natura, Ortu et Causis*, *Auctore Johan. Marco Marci*, Prague, 1648.

[1] *De Lucis Natura*, Amsterdam, 1662.

[2] V. *Physico-mathesis de Lumine, Coloribus et Iride*: Bologne 1665, p. 12, Prop. II.

Digitized by Google

le côté, conformément aux lois de la diffraction. La lumière se propage comme le son, mais en un temps imperceptible, non toutefois nul à la rigueur. Une preuve de la vitesse immense avec laquelle se propagent les ébranlements lumineux est la difficulté qu'il y a à les faire dévier de la ligne droite : la lumière se comporte comme un corps lancé avec une force très grande et qui tend spontanément à poursuivre sa course rectiligne. Mais c'est un corps qui ne ressemble pas aux autres, tant par son extrême ténuité que par son mode de génération. La lumière n'est vraiment comparable qu'au son. Elle est produite, comme lui, par l'agitation rythmique d'une substance, et vient frapper les organes des sens, après avoir traversé un milieu invisible [1].

Hooke était partisan d'une théorie cinétique de la lumière. Dans ses *Leçons sur la Puissance Restitutive* [2], il expliquait que le monde observable se compose exclusivement de deux réalités : la matière et le mouvement. Jusqu'ici Hooke est cartésien et on pourrait le confondre avec un physicien comme Rohault. Mais il ajoute presque aussitôt que le mouvement et la matière ne sont pas dans la relation de qualités à substance, qu'ils peuvent se remplacer l'un l'autre, et qu'au fond ils sont peut-être identiques. L'étendue des corps, leur impénétrabilité et leur énergie sont autant de formes de leur mouvement vibratoire. Il existe une matière extrêmement fine, dans laquelle les corps nagent comme dans un fluide, et qui leur donne la force et le mouvement. La distinction des corps a son fondement dans la différence des vibrations élémentaires qui caractérisent leurs particules. La lumière, comme tous les mouvements, est essentiellement ondulatoire. Elle a sa source dans l'ébranlement régulier d'un milieu uniforme (*uniforme medium*). Elle se propage par des pulsions ou ondulations simples et uniformes, d'ailleurs perpendiculaires à la direction de propagation. La réflexion, la réfraction et la coloration sont dues à l'inégale orientation des vibrations correspondantes dans différents corps transparents.

De tous les précurseurs de Newton, celui qui a le plus fait pour préparer les théories de l'Optique, c'est Robert Boyle, le contemporain et l'ami de Newton. Il n'y a pourtant, dans les ouvrages de Boyle, rien qui soit une allusion à la théorie de l'éther. L'œuvre de Boyle est purement négative. Elle consiste à faire voir l'insuffisance pratique de toutes les théories de la lumière émises avant lui. Dans ses *Expériences et considérations sur les couleurs* [1], il critique successivement les conceptions d'Aristote, de Platon, de Descartes, etc. Les Péripatéticiens ont commis l'erreur de considérer les différentes couleurs comme des propriétés inhérentes à la matière, propriétés qui appartiennent au corps d'une manière latente, même en l'absence de la lumière, et que la lumière a pour unique effet de manifester. Les Platoniciens attribuent les couleurs à une émanation de corpuscules incandescents, et les Atomistes, choqués du néant de cette explication, cherchèrent l'origine de la lumière dans le choc des atomes. Les uns et les autres se sont trompés, comme l'ont fait voir les chimistes, en démontrant que les propriétés optiques des corps dépendent non seulement de leur mouvement, mais encore de leur nature chimique. A la place de ces différentes hypothèses, Boyle ne propose pas d'en substituer une nouvelle. Il faudrait, pour le faire en connaissance de cause, « savoir d'abord ce qu'est la lumière, si réellement elle est un corps, ou s'il ne faut pas l'appeler plutôt un mouvement des corps; si elle se propage avec une vitesse finie et par des rotations tourbillonnaires ».

On le voit, à l'époque même où Newton allait publier son *Optique*, les idées courantes sur la théorie de l'éther semblaient devoir conduire au scepticisme. Pourtant l'Astronomie, ainsi que l'Optique, avait suscité chez certains précurseurs de Newton une hypothèse voisine de celle de l'éther. Déjà Kepler avait attribué les actions planétaires à certaines émanations très fines issues des masses matérielles et se propageant à travers l'espace. Ces émanations sont distinctes de celles qui produisent la lumière et comparables plus exactement à celles que nous appelons « force magnétique ». Les unes et les autres sont d'ailleurs matérielles, et Kepler les décrit comme des tentacules très déliés s'étendant de la surface d'un corps à celle des corps environnants.

Bouillau, en s'opposant à la conception de Kepler comme à une fiction inutile, était arrivé à cette conclusion que les révolutions des planètes peuvent s'effectuer sans l'intervention d'un milieu. De même que le feu possède par lui-même la puissance de brûler, et que cette puissance s'exerce directement sans qu'il soit besoin d'un fluide intermédiaire, les planètes ont en elles-mêmes le principe de leur mouvement. Tout astre, par sa structure intime, possède une forme qui lui est propre, et les scolastiques avaient raison de faire appel à cette forme pour expliquer, sans secours extérieur, les mouvements apparents.

[1] Pour la théorie des couleurs de Grimaldi, voir L. Bloch : *la Philosophie de Newton*, ch. VIII, et aussi F. Rosenberger : *Isaac Newton u. seine physik. Prinzipien, p. 30-33.*

[2] Lecture de *Potentia Restitutiva* (1678), insérée dans les *Lectiones Catherianæ or a Collection of Lectures*, by Robert Hooke (1675).

[1] Robert Boyle : *Op. varia*, Genève, 1686. *Experimenta et Considerationes de coloribus et speciatim de natura albedinis, cum observationibus de adamante in tenebris lucente.*

Digitized by Google

Plus voisin de Kepler que de Bouillau, le Florentin Borelli envisage l'hypothèse que les corps célestes sont reliés entre eux par des attaches matérielles. Cette hypothèse lui semble par certains côtés défectueuse, et il lui oppose l'hypothèse des courants éthérés qui transportent autour du Soleil les planètes nageant dans un océan d'éther. Mais cette conception ne le satisfait pas encore, et il lui préfère l'idée d'une attraction naturelle exercée sur tous les astres par le Soleil. Nous voyons ici distingués pour la première fois deux points de vue qui étaient auparavant confondus et dont l'opposition va être pour Newton une source de difficultés sans fin. A partir de Borelli, on ne pourra plus assimiler, sans explication préalable, l'action d'un astre sur un autre, action produite par une force directe, et l'action d'un astre sur un milieu immatériel qui transmet des réactions à un autre astre. L'opposition de la théorie de l'éther et de la théorie des actions à distance a son origine dans les remarques de Borelli.

Hooke avait appliqué à l'Astronomie comme à l'Optique sa théorie des vibrations élémentaires. L'action de la Terre sur les planètes, comme l'action des corps sur la lumière, a son origine dans des mouvements vibratoires. Supposons que toutes les parties de la Terre effectuent des vibrations très courtes et très rapides, toutes orientées vers son centre. Le globe terrestre dans son ensemble subira des contractions et des dilatations, qui se communiqueront d'abord, sous forme de pulsion, à l'éther emprisonné dans la matière du globe, et ensuite à l'éther ambiant[1]. De là des ondes sphériques progressives qui s'étendront du centre de la Terre à des distances aussi grandes qu'on voudra. Ce rayonnement se propage sans altération tant qu'il traverse les espaces vides. A la rencontre de masses matérielles, par exemple des planètes, il sera absorbé sous forme cinétique et donnera lieu aux mouvements qu'on attribue à la gravitation. On voit que par son Astronomie, bien plus que par son Optique, Hooke préparait la voie aux théories de l'éther. Assurément, il laissait dans l'ombre la question de savoir si le milieu cosmique à travers lequel se communiquent les actions planétaires est matériel ou non. Malgré cela, en insistant sur le fait que la force d'attraction ne peut s'exercer à distance, qu'elle doit se propager dans un temps fini à travers un milieu partout répandu, Hooke allait plus loin que Borelli, et montrait que l'hypothèse de l'éther est rendue nécessaire par l'absurdité des actions à distance.

[1] Il est intéressant de comparer cette théorie de Hooke à la théorie des « sphères pulsantes » de Bjerknes (Cf. *Rapports du Congrès de Physique*, Gauthier-Villars, 1900). L'effort tenté par ce physicien consiste à donner de la notion d'éther une interprétation hydrodynamique et à montrer que les pulsations de sphères infiniment petites, plongées dans un fluide parfait, suffisent à rendre compte de la propagation de forces variant comme l'inverse du carré de la distance, et satisfaisant d'ailleurs aux équations de Herz.

II

Le rapide exposé que nous venons de faire suffit à donner l'idée de la confusion qui régnait encore au milieu du XVIIe siècle sur les idées fondamentales de l'Optique. Confusion féconde, car elle a rendu nécessaires des expériences nouvelles, et c'est seulement par les découvertes expérimentales que l'idée d'éther pouvait se dégager. Assurément les ouvrages de Hooke, de Grimaldi, de Descartes lui-même sont pleins d'allusions qui peuvent s'interpréter aujourd'hui comme des pressentiments profonds. Mais, pour qui analyse sans parti pris les premiers efforts de la Physique moderne, il est impossible d'y voir autre chose que des hypothèses à peine ébauchées. Entre une intuition de hasard et la construction d'une théorie positive, il y a tout l'intervalle qui sépare l'imagination du calcul[1]. Il n'y a de théorie physique que là où il y a contrôle mathématique, et la théorie de l'éther, plus qu'aucune autre, a subi cette nécessité : perdre en généralité ce qu'elle gagnait en précision.

J'ai montré ailleurs[2] pourquoi Newton doit être regardé comme le véritable fondateur de la Physique mathématique, et comment la théorie de l'éther revêt chez lui, pour la première fois, une forme positive. Il n'entre pas dans mon dessein de discuter ici les questions de méthode qui se rattachent à la science newtonienne. Je me contenterai de relever l'erreur, trop souvent commise, qui fait de Newton un partisan exclusif de la théorie de l'émission et un adversaire irréductible de la théorie des ondulations.

Cette erreur a certainement son origine dans une connaissance historique imparfaite des ouvrages de Newton. Pendant longtemps, on n'a connu Newton en France que par le plus célèbre et le plus systématique de ses ouvrages, les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle*. C'est à lui que songent Voltaire et d'Alembert lorsqu'ils veulent opposer la sagesse anglaise aux rêveries des derniers cartésiens. Or, cet ouvrage est celui où Newton a fait le plus de concessions au rigorisme mathématique. Lassé des polémiques pénibles qu'il avait eu à affronter au début de sa carrière, d'un caractère facilement irritable devant les objections et les disputes, Newton s'était résigné finalement à ne plus rien donner au public que sous une forme

[1] Cf. L. Bloch : *La philosophie de Newton*, ch. VIII, la Physique expérimentale et l'hypothèse.

[2] L. Bloch : *Op. cit.*, ch. VI et VII.

Digitized by Google

strictement géométrique, incapable d'éveiller les querelles de mots. C'est assez dire que, dans ses *Principes*, il n'a fait figurer que la portion de sa Physique qu'il jugeait pleinement assurée et démontrée. Les théorèmes célèbres qu'il donne sur les forces centrales, sur l'Hydrodynamique, sur les résistances de frottement demeurent, en effet, un modèle de rigueur et d'impeccabilité. Mais tout ce qui, dans la Philosophie naturelle, lui semblait exiger un complément de mise au point, tout ce qui, même exact à ses yeux, n'avait pas la clarté didactique, Newton l'a éliminé de ses *Principes* pour le rejeter dans une autre partie de ses œuvres, particulièrement dans les fameuses *Quæstiones Opticæ* qui terminent son Traité d'Optique.

Là, Newton, libre de toute contrainte, parce qu'il s'impose d'écrire toute chose sous forme dubitative, énonce les théorèmes les plus hardis et les plus originaux de sa Physique. Ces théorèmes sont en même temps les plus suggestifs et les plus féconds, et l'on peut dire que, si la théorie de l'éther a été développée quelque part par Newton avec ampleur et sincérité, c'est certainement dans cette *Quæstio XXXI* qui couronne la dernière édition de *l'Optique*. Si l'on se reporte à ces textes, on est surpris du contraste qu'ils offrent avec le ton, d'ordinaire si réservé, de Newton. L'éther qu'en bien des endroits Newton semble rejeter comme une hypothèse (*hypotheses non fingo*) est décrit ici avec toutes ses propriétés ; on analyse toutes les présomptions tirées en sa faveur de l'Astronomie et de l'Optique. Après cette lecture, il est difficile de conserver l'opinion, si souvent admise, que Newton est demeuré toute sa vie partisan des théories de l'émission et adversaire des ondulations. On voit, au contraire, au fur et à mesure des progrès accomplis dans la voie de l'Optique expérimentale, que Newton se sent entraîné malgré lui à superposer à la théorie corpusculaire, chère à Descartes et à Gassendi, une théorie ondulatoire de la lumière, voisine de celle de Gassendi et de Hooke. Comment la conciliation peut-elle se faire chez lui entre des explications si différentes? C'est ce qu'il serait trop long d'expliquer ici [1]. Nous nous contenterons de montrer le progrès graduel qui s'est fait dans l'esprit de Newton vers les théories de l'éther, et de faire voir que ce progrès était inévitable après les découvertes de Newton lui-même sur la dispersion et les phénomènes d'interférence. Aux idées vagues de Grimaldi ou de Hooke, Newton va substituer un *éther physique*, défini par des propriétés précises, pouvant servir de base à des observations et à des calculs.

La Communication faite par Newton le 8 février 1672 à la Société Royale de Londres était destinée à faire connaître au public les expériences nouvelles sur la dispersion. Il s'agit des fameuses expériences du prisme dans la chambre noire. De ces expériences, Newton, imbu encore des idées de ses maîtres, concluait qne la lumière est une substance, mais qu'elle possède différentes qualités, savoir les *degrés de réfrangibilité* qui constituent les couleurs. Cette substance est-elle une substance éthérée, différente de la substance matérielle? Sur ce point, Newton se montre fort réservé. « Nous savons, dit-il, que la lumière est une substance, mais il est plus difficile de déterminer avec exactitude ce qu'est cette substance. » Et plus loin : « Je ne veux pas mélanger ce qui est certain avec ce qui est incertain. »

Une Commission fut instituée par la Société Royale pour vérifier les expériences de Newton. Cette Commission se composait de Seth Ward, de Boyle et de Hooke; mais c'est à l'influence de Hooke qu'on peut rapporter toutes ses décisions. Celles-ci furent franchement hostiles aux interprétations de Newton. Aux hypothèses substantialistes de Newton, Hooke veut substituer l'hypothèse cinétique qu'il a développée dans sa *Micrographie*. Ces critiques entraînèrent une réponse de Newton (12 juin 1672), où celui-ci essaie d'expliquer que les expériences sur la dispersion sont surtout importantes par elles-mêmes, qu'il n'a pas voulu jusqu'ici en tirer argument pour ou contre les ondulations, et qu'en réalité elles peuvent s'accommoder aussi bien d'une théorie corpusculaire (émission) que d'une théorie vibratoire (ondulation). Déjà à cette époque Newton émet l'idée qu'il peut y avoir action et réaction réciproque entre la matière et l'éther, les molécules de matière projetées par les solides incandescents pouvant susciter dans l'éther des ondes analogues à celle qu'une pierre excite dans l'eau.

Au moment même où Newton venait de répondre aux arguments de Hooke, surgit contre sa théorie un nouvel adversaire, le plus illustre des physiciens de son temps, Christian Huyghens. Avec Huyghens, il semble, au premier abord, que la discussion dévie de son objet. Tout le débat porte sur la question des couleurs fondamentales et des couleurs composées. Y a-t-il deux couleurs fondamentales seulement, ou une infinité? La seconde alternative est acceptée par Newton, alors que Huyghens et Hooke pensent avoir démontré que la théorie ondulatoire, suggérée surtout par l'étude de la double réfraction, postule une structure dissymétrique du rayon, caractérisée par l'existence de *faces* ou *côtés* opposés. Newton répond indirectement à Huyghens (lequel avait gardé l'anonymat) dans une lettre adressée à Oldenburg, l'éditeur des *Philosophical*

[1] Cf. *La Philosophie de Newton*, Appendice, p. 620-655.

Digitized by Google

Transactions, en date du 3 juillet 1673. Ici encore Newton se montre très conciliant avec les partisans des ondulations. Il lui semble prématuré de tirer des expériences sur le prisme aucune conclusion sur l'essence du mouvement lumineux. Avant de décider si ce mouvement suppose l'existence d'un milieu immatériel, il importe d'établir d'une façon positive les propriétés expérimentales de la lumière. Celles-ci demeurent vraies aussi bien dans la théorie de l'émission que dans celle des ondulations. C'est l'attitude que conserve Newton à cette époque, même en face d'adversaires de moindre envergure, comme Pardies, Linus, Lucas, Gascoigne.

A partir de 1675, le fait essentiel qui caractérise la seconde période de l'Optique newtonienne est la conversion partielle de Newton aux théories ondulatoires. Les concessions qu'il a faites jusqu'ici par esprit de conciliation finissent par devenir chez lui parfaitement sincères.

Les raisons qui déterminèrent l'orientation de l'Optique newtonienne du côté des théories de l'éther sont de deux sortes. D'abord, il était devenu impossible de garder l'opinion de Descartes, pour qui la lumière se propage *dans l'instant* à travers l'espace. Indépendamment des difficultés logiques qu'on éprouve à concevoir un transport instantané, les observations récentes de Römer avaient fait voir, par l'éclipse des satellites de Jupiter, que la lumière met un temps appréciable à venir du Soleil jusqu'à nous. Il faut donc que, pendant ce temps, elle réside dans un milieu immatériel, uniformément répandu dans les espaces célestes. Un autre phénomène, beaucoup plus simple, nous oblige à la même conclusion : c'est la diffraction, découverte par Grimaldi. Du moment qu'un rayon lumineux est infléchi lorsqu'il passe suffisamment près d'un obstacle, il résulte nécessairement qu'il contourne cet obstacle pendant un temps fini (le temps nécessaire au travail des forces mutuelles entre l'obstacle et le rayon). Donc la lumière, au voisinage des corps, se propage dans un milieu incorporel, qu'elle traverse avec une vitesse finie. Ce milieu n'offre au mouvement des astres qu'une résistance insignifiante, comme nous l'apprend l'invariabilité des temps périodiques, reconnue de tous les astronomes. Il suit de là que les espaces célestes, dans lesquels les globes des planètes et des comètes se meuvent sans cesse librement en tous sens sans aucune diminution sensible de leur mouvement, doivent être vides de tout fluide *corporel*. Mais Newton ajoute aussitôt qu'il faut peut-être faire une exception en faveur de quelques vapeurs très légères et des rayons de lumière qui les traversent.

Dans son Rapport sur la diffraction, qu'il présenta à la Société Royale de Londres le 11 mars 1675, Hooke, tenant compte des recherches de Newton, donne une explication toute nouvelle des couleurs. A la fin de la même année, et sur la demande d'Oldenbourg, Newton publie son célèbre opuscule qui porte pour titre : *Théorie de la lumière et des couleurs*, renfermant tant une hypothèse propre à l'explication des propriétés de la lumière, qu'une description des principaux phénomènes de coloration des lames minces et des bulles. Le rapprochement de ces deux Mémoires est du plus grand intérêt pour déterminer l'attitude de Newton en faveur de la théorie des ondulations. On peut démontrer que cette théorie, dont Hooke passe pour être le représentant officiel, a pris chez Newton un degré de précision que Hooke lui-même n'a pas su lui donner.

Hooke accorde à Newton qu'il existe une infinité de couleurs, ne se distinguant entre elles que par la grosseur des pulsations (*various bigness of the pulses*). Il est difficile de décider si, par cette expression, Hooke désigne la longueur d'onde ou seulement l'amplitude des vibrations. La seconde interprétation, qui nous semble aujourd'hui la moins naturelle, est cependant la plus probable si l'on se réfère à l'explication de Hooke sur la coloration des lames minces. Pour lui, les couleurs d'interférence tiennent au retard pris, durant le passage de la lame, par les parties *fortes* du rayon sur les parties *faibles*, et la lumière, affaiblie ou renforcée sur le front de l'onde, devient par là même colorée.

A cette théorie, extrêmement vague, qualitative, et impliquant en grande partie les propriétés subjectives de l'œil, Newton substitue une explication mathématique, fondée sur la découverte qu'il vient de faire des anneaux d'interférence. Comme on va le voir, il suffit d'une légère transposition de mots pour ramener l'explication de Newton à la théorie ondulatoire de la lumière.

Chacun connaît le phénomène classique des *anneaux de Newton*. Si l'on place une lentille de grande ouverture angulaire au contact d'une lame de verre parfaitement dressée, on constate la formation, autour du point où les deux corps se touchent, d'un système d'anneaux concentriques, alternativement clairs et obscurs. Si la lumière employée est monochromatique, il est possible de compter un très grand nombre d'anneaux, et l'on constate que les anneaux obscurs ont des diamètres qui croissent comme les racines carrées des nombres impairs, tandis que les anneaux brillants croissent comme les racines carrées des nombres pairs. D'ailleurs, selon qu'on observe le phénomène par réflexion ou par transparence, la tache centrale sera noire ou brillante, et les anneaux concentriques inversement disposés : un anneau clair par transparence semblera noir par réflexion.

Digitized by Google

Si maintenant on substitue à la lumière monochromatique une lumière blanche, chaque couleur prise isolément produira un système d'anneaux, mais ces anneaux empiètent rapidement les uns sur les autres, et à une certaine distance de la tache centrale, on retrouvera du blanc d'ordre supérieur.

Tel est le phénomène découvert par Newton. Quelles conclusions en devait-il tirer en ce qui concerne la nature de la lumière? D'abord les faits nous apprennent *qu'il se propage quelque chose d'une suface à l'autre*, et ce quelque chose peut être modifié par le simple accroissement de l'épaisseur. Mais les modifications qu'apporte l'épaisseur présentent le caractère tout particulier d'être *périodiques*. Si une certaine épaisseur produit l'extinction de la lumière, on est certain que les extinctions suivantes auront lieu pour des épaisseurs différant entre elles de quantités constantes. Entre deux extinctions se trouve d'ailleurs un maximum d'intensité, et les maxima s'échelonnent périodiquement comme les minima. Cette périodicité doit se retrouver dans l'ébranlement lumineux qui traverse la substance de la lame. On peut dire que l'ébranlement lumineux manifeste à intervalles égaux une tendance à la réfraction et une tendance à la réflexion; selon qu'il rencontre dans le milieu matériel une disposition qui favorise ou contrarie la sienne propre, on aura à constater une frange lumineuse ou une frange obscure. Ainsi la périodicité du phénomène des anneaux permet de conclure à la périodicité du rayon lumineux. Tout rayon lumineux, pendant son passage au travers d'une surface réfringente, rencontre une certaine « constitution ou disposition de passage, qui se répète ensuite à intervalles égaux tout le long du rayon, et fait que, dans certaines phases, le rayon va se transmettre facilement à travers une seconde surface réfringente ; dans d'autres phases, alternant avec les premières, il va subir la réflexion[1] ».

Nous pouvons alors, avec Newton, définir d'une façon précise deux propriétés nouvelles de la lumière. Tout rayon lumineux possède des *alternances de facile réflexion* (vices facilioris reflexionis) : ce sont les moments où sa structure est telle qu'il puisse être réfléchi par une surface interposée. Il possède aussi des *alternances de facile transmission* : ce sont les moments où sa structure est telle qu'il subira nécessairement la réfraction. Il ressort manifestement de l'expérience des anneaux qu'un rayon de lumière ne rencontre pas dans les corps réfléchissants et réfringents une indifférence parfaite à son action. La surface d'un corps se comporte toujours comme si elle était *prédisposée* par une force cachée, soit à réfléchir le rayon qui se trouve dans une phase de facile réflexion, soit à transmettre le rayon qui se trouve dans une phase de facile réfraction. Il faut donc qu'on admette, quoi qu'il en coûte, une action du rayon sur la substance transparente, action anticipée, en ce sens qu'elle précède l'arrivée du rayon lui-même. Ceci ne peut se comprendre que si l'on se représente le rayon lumineux comme suscitant autour de lui des ondes équidistantes, correspondant aux alternances dont il est lui-même agité. Ces ondes extrêmement rapides précèdent le rayon dans sa course, comme les sons émis par une corde vibrante se propagent bien plus vite par le mouvement de la corde. Elles jouent le rôle d'avant-coureurs et vont affecter les substances transparentes avant que le rayon proprement dit les rencontre. Les moments de facile réflexion et de facile transmission sont donc préparés à distance par le rayon lui-même, et cela grâce à un mécanisme obscur, celui des ondes rayonnantes. De pareille ondes, précédant de beaucoup le transport des particules matérielles, ne peuvent se propager que dans l'éther. Il est possible d'expliquer par elles tous les détails des phénomènes d'interférences, et, si Newton conserve à côté d'elles l'hypothèse d'une émission directe, il est visible, à mesure qu'on approche de la fin de *l'Optique*, que les *ondes* et non les *rayons* sont le véritable véhicule de la lumière.

Si Newton, qui avait en main toutes les expériences fondamentales sur lesquelles se fonde aujourd'hui la théorie ondulatoire de la lumière[1] (interférence, diffraction, double réfraction), a si longtemps passé pour un partisan irréductible de l'émission, c'est qu'il s'est heurté dès le début aux difficultés les plus grandes de la théorie ondulatoire, c'est qu'il a compris le fait que les idées de Maxwell ont mis en pleine lumière : il est impossible d'expliquer par un simple mécanisme d'ondulations *toute* l'Optique physique. Autant les propriétés élastiques *de l'éther seul* donnent une image satisfaisante de la propagation de la lumière, autant il est impossible de s'en contenter lorsqu'il s'agit d'expliquer les modifications apportées à la lumière par la présence des masses matérielles (dispersion, absorption, polarisation rotatoire, émission). Ici les théories modernes ont été obligées de surajouter à l'éther les perturbations provenant de masses corpusculaires (ions et électrons). Déjà Newton avait pressenti quelque chose d'analogue. Des phénomènes très simples, comme la dispersion, montrent déjà qu'Éther et Matière sont dans un lien de dépendance réciproque. Voilà pourquoi Newton s'est toujours refusé à se déclarer partisan *exclusif* des ondula-

[1] V. *Lectiones Opticæ*, l. II, prop. XII.

[1] A l'exception toutefois de l'expérience d'Arago démontrant la transversalité des vibrations.

Digitized by Google

tions, voilà pourquoi il a gardé jusqu'à la fin de sa carrière quelque chose de l'hypothèse de l'émission.

L'éther qui est répandu dans tout l'Univers ne jouit pas des mêmes propriétés selon qu'on l'envisage à l'état libre ou inclus au sein des masses matérielles. C'est ainsi qu'à l'état libre l'éther laisse passer des rayons rectilignes sans en modifier la direction, tandis que l'éther inclus dans un prisme de verre ne laisse passer les rayons que moyennant réfraction. On peut aller plus loin. Il y a, chez Newton, une tentative extrêmement curieuse de rattacher d'une manière systématique les propriétés physiques et chimiques de la matière aux propriétés optiques de l'éther qui lui est associé. C'est là un véritable essai de « Chimie physique », dont la proposition dixième du Livre II de l'*Optique* (IIIe partie) donne une idée assez exacte. Le pouvoir réfringent ne dépend pas seulement des différences de densité. Les substances onctueuses et sulfureuses sont, toutes choses égales d'ailleurs, plus réfringentes que les autres, et il est probable que, si nous possédions une classification rationnelle des propriétés chimiques, nous aurions du même coup une classification des propriétés optiques. Si deux corps, chimiquement bien distincts, comme le sel et le vitriol, possèdent des caractères optiques définis, il est certain que les substances chimiquement intermédiaires seront caractérisées par des propriétés intermédiaires. Il ressort de là que la matérialité des corps n'est pas indifférente à la faculté qu'ils ont de propager ou d'arrêter la lumière.

La même conclusion peut se tirer du principe de l'égalité de l'action et de la réaction. Ne savons-nous pas que la lumière agit sur les substances matérielles, qu'elle peut les échauffer, les épaissir, les enflammer, les décomposer[1]? Mais, si la lumière agit sur la matière, il faut qu'inversement la matière agisse sur la lumière. Déjà la diffraction en est une preuve. Elle montre qu'au voisinage de la matière, l'éther est déformé. Mais Newton prétend aller plus loin. Il démontre que les corps les plus impressionnables à la lumière sont aussi ceux qui doivent apporter à sa propagation le trouble le plus marqué. Les corps sulfureux qui s'enflamment facilement au soleil sont ceux qui doivent dévier davantage la lumière réfractée. L'eau et les dissolutions aqueuses, que la lumière échauffe fort peu, comptent parmi les substances les moins réfringentes.

Dans le Mémoire de 1675 dont il a déjà été parlé, Newton précise sur quelques points la notion qu'il faut se faire des rapports de l'éther et de la matière. L'éther pénètre tous les corps, mais il ne les traverse pas sans obstacle. Ces corps présentent une certaine résistance qui fait que l'éther est moins dense à l'intérieur de la matière qu'à l'état libre, et moins dense dans certains corps que dans d'autres. Ce sont ces variations de densité de l'éther, variations qui sont en rapport avec la nature de la substance où il réside, qui sont la cause de la cohésion tant des solides que des liquides. L'élasticité du verre et d'autres substances est due à la même raison, qui explique aussi que le mercure, dans les expériences de Torricelli, reste suspendu au sommet d'un tube dont la hauteur dépasse sensiblement vingt-neuf pouces. La contractilité des muscles, l'irritabilité des nerfs tirent leur origine de faits analogues.

Dans son Mémoire de 1675, Newton parlait de *plusieurs éthers*. L'éther, disait-il, n'est pas homogène. Il se compose d'une matière relativement grossière et de différents fluides éthérés. C'est là une conséquence du fait des attractions électriques et magnétiques, comme aussi de l'existence de la gravité.

Prenons l'exemple des émanations électriques. J'ai pris, dit Newton, dans différents essais, une lame de verre enchâssée dans une plaque de métal, et je l'ai frottée avec une étoffe rugueuse jusqu'à ce qu'elle attirât de petits fragments de papier placés sur la table. Selon la position que je donnais à mon doigt sur la partie supérieure de la plaque, je voyais les fragments de papier sauter irrégulièrement et se détourner de leur chemin. C'est là un phénomène qu'il m'est impossible de concevoir autrement qu'en supposant l'existence d'une matière éthérée, condensée dans le verre. Cette matière est volatilisée par le frottement, et, dans l'espace clos où j'opérais, elle donne lieu à des tourbillons qui entraînent le papier, jusqu'au moment où elle se condense de nouveau et rentre dans la lame.

Quelque étrange que paraisse cette explication, elle équivaut à l'affirmation d'un *fluide électrique*. Dans les *Quæstiones Opticæ*, Newton donne l'image suivante d'un fluide ou éther *gravifique*. Le milieu éthéré est représenté comme moins dense à l'intérieur du soleil, des étoiles, des planètes et des comètes que dans les espaces libres qui les séparent. En partant du centre des masses planétaires, on voit l'éther devenir continuellement plus solide et plus dense. C'est grâce à lui que ces grands corps pèsent mutuellement les uns sur les autres, et que les parties de chacun d'eux pèsent sur le tout. N'est-ce pas, en effet, une règle générale, vérifiée dans toutes les observations hydrodynamiques, que les corps font effort pour se retirer des endroits où le milieu est plus dense pour se diriger vers ceux où il est plus rare? Admettons alors que

[1] C'est par application du même principe que Newton conclut de la grande réfringence du diamant à la probabilité pour que le diamant soit combustible.

Digitized by Google

l'éther soit plus rare à l'intérieur du Soleil qu'à sa superficie, plus rare à sa superficie qu'à une distance d'un centième de pouce, plus rare ici encore qu'à la distance d'un cinquantième de pouce, où il est plus rare que dans l'orbe de Saturne. Il n'y aura pas de raison pour que cet accroissement de densité ait une limite lorsqu'on s'éloigne indéfiniment du Soleil. La densité de l'éther, quand même elle n'augmenterait à de très grandes distances qu'avec une extrême lenteur, pourra néanmoins, si l'élasticité du milieu est assez grande, pousser tous les corps, avec la force que nous appelons *gravité*, des parties où le milieu est le plus compact vers celles où il est le plus rare.

Or, la force élastique de l'éther est très grande; nous le savons par la vitesse des vibrations qu'il propage. Le son se transporte d'environ 1.140 pieds anglais à la seconde, ce qui fait cent milles en 7 à 8 minutes. La lumière qui nous vient du Soleil emploie à peu près le même temps pour franchir un espace 700.000 fois plus grand. Il faut donc que la force élastique de l'éther soit à celle de l'air comme le carré de 700.000 est à l'unité. On peut alors admettre que l'éther se compose (comme l'air atmosphérique) de particules se repoussant mutuellement, car, dit Newton, « nous ne sommes liés par aucune définition de l'éther ». Ces particules sont plus ténues que celles de l'air et même que celles de la lumière. Avec une pareille finesse de constitution, l'éther pourra posséder à la fois une force élastique très grande et une viscosité très petite. Les planètes, les comètes, les corps grossiers de toute nature pourront se mouvoir beaucoup plus librement et en rencontrant beaucoup moins de résistance dans le milieu éthéré que dans n'importe quel fluide remplissant totalement et sans lacune l'espace tout entier.

III

Comme on le voit, le terme extrême auquel aboutit la théorie de l'éther chez Newton est encore celui auquel cette théorie vient se heurter de nos jours. Action et réaction de la matière sur l'éther, rapport de l'énergie rayonnante avec l'énergie de gravitation, telles sont les deux questions qui se posent de nos jours, d'une façon plus aiguë que jamais, aux partisans de la théorie de l'éther. Ces deux questions, Newton les avait déjà entrevues. Disons plus, le suprême effort de sa Physique a été d'y donner une réponse, au moins par voie d'hypothèse ou de suggestion[1].

Franchissons rapidement la période, pourtant si riche de découvertes, qui s'est écoulée depuis Newton jusqu'à nos jours. C'est la période de développement de la Physique mathématique, grâce à laquelle la théorie de l'éther a pris la précision du calcul et s'est formulée en une suite de théorèmes, dont quelques-uns ont précédé l'expérience. Notons d'un mot l'immense progrès accompli durant le XIXe siècle, et, regardant ce qui se passe sous nos yeux, cherchons à voir si la notion d'éther, telle que Newton l'a introduite dans la Science, a pris aujourd'hui sa forme définitive, ou s'il n'est pas divers symptômes annonçant une nouvelle évolution.

Si Newton n'a jamais renoncé complètement à l'hypothèse de l'émission, c'est parce qu'elle lui semblait indispensable pour expliquer le fait simple de la propagation rectiligne[1]. Depuis l'établissement du principe d'Huyghens, la difficulté signalée par Newton n'existe plus[2]. Mais, au moment où l'idée d'émission devenait ainsi superflue, d'autre faits, d'une importance capitale, sont venus la rendre de nouveau nécessaire. La découverte des rayonnements cathodiques, primaires et secondaires, la découverte, plus récente encore, des rayonnements des substances radio-actives, ont permis de saisir sur le fait, d'une manière aujourd'hui incontestée, l'émission corpusculaire. Il devenait donc évident que l'éther seul ne peut pas être l'unique réceptacle d'énergie dans l'Univers. Il fallait renoncer à pousser à l'extrême l'ingénieuse hypothèse de Maxwell, pour qui l'énergie rayonnante (cinétique et potentielle) se localise exclusivement dans l'éther. Lorsqu'on approche d'un atome chargé, ou mieux encore d'un corpuscule cathodique, les propriétés de l'éther subissent des modifications essentielles : il faut admettre, par exemple, avec Righi[3] que, dans l'espace occupé par l'électron, la limite d'élasticité de l'éther est atteinte ou dépassée, ou encore, avec Lorentz, que des liaisons internes viennent s'opposer aux pressions exercées par l'éther. Nous sommes ici à la limite du domaine de l'éther et de celui de la matière. Si l'on veut démontrer, comme on a des raisons de le croire, que toute énergie matérielle est d'origine électromagnétique, il importe de renoncer à concevoir l'éther comme un « fluide uniforme » également répandu partout; il faut y distinguer des discontinuités, des granules, des trous : ce sont les électrons ou corpuscules, qui jouent le rôle de points singuliers dans l'éther.

Cette idée que l'éther n'est pas un milieu continu, possédant partout les mêmes propriétés, a été suggérée à d'autres physiciens par des considérations

[1] V. L. Bloch : *La Philosophie de Newton*, ch. v.

[1] N. Th. Young : *Lectures on Natural Philosophy*, Phil. Trans., 1801, vol. II.

[2] Cf. P. Drude : *Lehrbuch d. Optik*, ch. vi.

[3] V. A. Righi : *Il Nuovo Cimento*, série V, t. XI, oct. 1906.

Digitized by Google

toutes différentes. Sans parler de la conception bien connue de Lord Kelvin sur l'éther gyrostatique, laissant de côté également l'hypothèse de certains chimistes qui ont voulu faire de l'éther purement et simplement un gaz ordinaire et lui donner une place dans la classification de Mendéléieff, nous citerons les recherches de Sir Oliver Lodge sur la densité et la structure de l'éther[1]. Déjà Hicks avait conclu, en 1895, du simple fait de l'induction dans un conducteur qui se déplace dans le champ magnétique, que ce conducteur ne doit pas couper simplement un *flux*, mais un flux possédant une *structure*. Lodge, cherchant à déterminer séparément le pouvoir inducteur spécifique et la perméabilité magnétique de l'éther, dont le produit seul nous est connu jusqu'ici par l'inverse du carré de la vitesse de la lumière, arrive à cette conclusion que le fluide éther possède des propriétés qui le rapprochent beaucoup des fluides matériels (gaz et solides). Sa masse spécifique est de l'ordre de 10^{-12} grammes par centimètre cube, et c'est à cause de cette inertie considérable que l'expérience n'est pas encore parvenue à mettre en évidence son écoulement suivant les lignes de force du champ magnétique.

Ainsi l'éther, dans sa structure intime, ne serait pas aussi différent qu'on le pense de la matière, qui est un agrégat d'atomes. Les pulsions ou ondulations qui s'y propagent cesseraient d'avoir le caractère de vibrations immatérielles, de mouvements purs, ne ressemblant nullement à une émission de corpuscules. C'est la conclusion à laquelle ont été conduits divers expérimentateurs modernes. Déjà Lord Reyleigh avait insisté sur la distinction qui existe entre le front de l'onde et le train d'ondes périodiques qui se propagent. L'onde éthérée possède, outre le caractère périodique, une structure variable de l'avant à l'arrière. Voici que le Professeur J. J. Thomson[2], à la suite d'importantes recherches sur la lumière ultra-violette, vient d'émettre, à une date très récente, l'hypothèse que la lumière ultra-violette n'est pas une ondulation *continue*; elle se composerait de plages de vibration, séparées par des plages de repos, donnant à l'éther une structure réticulaire. L'énergie lumineuse, au lieu d'être répartie suivant les lois simples trouvées par Maxwell, serait, au sein même de l'onde, concentrée en des points discontinus, et c'est seulement par un effet de moyenne que les lacunes vibratoires échapperaient à notre observation. Chacun des points de l'éther autour desquels l'énergie vibratoire est condensée posséderait une quantité de mouvement électromagnétique qui lui serait propre : il ne se comporterait pas très différemment, au point de vue des actions qu'il serait capable de produire, d'un *point matériel mobile*, d'un corpuscule comme ceux dont parlait l'ancienne théorie de l'émission.

On le voit, la théorie de l'émission, que Newton n'a jamais voulu abandonner, revendique aujourd'hui des droits même dans le domaine d'où elle semblait exclue, celui de la propagation d'un ébranlement à travers un diélectrique isotrope. Nous ne pouvons ici passer sous silence l'important travail théorique qui vient d'être publié par M. Ritz[1]. Quelle que soit la hardiesse des hypothèses nouvelles émises par M. Ritz, elles montrent au moins que, même de nos jours, la théorie de l'éther n'est pas à l'abri de tout bouleversement. D'après M. Ritz, la notion d'éther a tiré toute sa fécondité de ce qu'elle est merveilleusement adaptée à notre idée de la continuité et aux équations aux dérivées partielles fondées sur cette idée (équations de Hertz et de Lorentz). Seulement, si l'on va au fond des choses, on aperçoit que les équations aux dérivées partielles seraient demeurées stériles sans les formules intégrales auxquelles elles conduisent, et M. Ritz propose de partir de ces formules (formules des potentiels retardés de Lorentz, plus ou moins modifiées), sans plus s'occuper de la notion d'éther et des hypothèses de continuité qui lui servent de base. On arrive alors à supprimer de l'Électrodynamique à la fois les équations aux dérivées partielles et la notion d'éther; et l'on énoncera, avec M. Ritz, des formules comme celle-ci : « L'éther n'existe pas, ou, plus exactement, il faut renoncer à se servir de cette image[2]. » Qu'est-ce que nous mettrons à la place de l'éther? M. Ritz ne le dit pas avec grande précision, mais l'image pour laquelle il semble avoir des préférences est l'image de l'*émission*. Le centre chargé, l'électron en mouvement, au lieu de susciter dans l'éther des ondes électriques et magnétiques dont la propagation ne peut, sans hypothèses artificielles, être rendue compatible avec le *principe de l'élasticité*, émet de la lumière *sous forme corpusculaire*, et le mouvement de cette lumière, comme tous ceux que nous connaissons, est purement relatif.

Nous n'entrerons pas dans la discussion de cette théorie, dont nous n'avons donné que l'ébauche. Le temps seul pourra nous apprendre si véritablement la notion d'éther, après les inappréciables services qu'elle a rendus en expliquant ce que l'émission ne pouvait expliquer, doit à son tour subir un recul devant les idées émissionnistes. Le peu que nous avons dit à ce sujet suffit à faire

[1] V. O. Lodge : *Phil. Mag.*, 1907, p. 488, 727.

[2] Cf. J.-J. Thomson : Ionisation of gases by ultra-violet light. *Proceed. Cambridge*, Michael Term Number, mars 1908.

[1] W. Ritz : Recherches sur l'Electrodynamique générale. *Ann. Chimie et Phys.*, février 1908.

[2] *Ibid.*, p. 207.

Digitized by Google

voir l'exactitude des remarques faites au début de cet article : l'intérêt puissant qui s'attache aux théories électrodynamiques modernes vient justement de ce que l'idée d'éther, loin d'être fixée une fois pour toutes, est en voie d'évolution. C'est aussi ce qui justifie l'intérêt que nous avons porté à l'histoire des théories optiques chez les prédécesseurs de Newton et chez Newton lui-même.

Léon Bloch,
Docteur ès lettres.

LE CONGRÈS INTERNATIONAL DES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

MARSEILLE, 14-20 SEPTEMBRE 1908

La caractéristique de notre époque est, de plus en plus, une pénétration réciproque et une influence des différentes branches de l'activité humaine les unes sur les autres. Si la science pure échappe, par définition, à toute contingence, la vie pratique, elle, n'est faite que de contingences; à chaque instant des intérêts opposés se heurtent, des conditions, en apparence inconciliables, doivent être remplies, des exigences nouvelles résultent de la satisfaction d'exigences anciennes. La force des choses amène la plupart du temps, après plus ou moins de difficultés ou de heurts, des solutions imparfaites, qui font leur temps, puis cèdent leur place à d'autres plus satisfaisantes, et le progrès est ainsi fait d'approximations successives.

Régulariser tous ces efforts, mettre en présence les milieux différents, amener à causer — pour étendre aux collectivités le mot ordinairement appliqué aux individus — les groupes qui vivent ainsi séparés par des cloisons étanches, tel est le rôle essentiellement bienfaisant des Congrès, tel est celui qu'a voulu remplir, dans le domaine de l'Industrie électrique, le Congrès international des Applications de l'Électricité, qui s'est tenu à Marseille du 14 au 20 septembre dernier, à l'occasion de l'Exposition d'Électricité organisée dans cette ville.

Le but de ce Congrès, que d'aucuns trouveront peut-être un peu terre à terre, a été nettement défini par sa Commission d'organisation : les questions d'ordre purement scientifique sont écartées, par principe, du programme; toutes les questions d'ordre technique que soulève l'emploi de l'électricité ne sont même pas abordées : c'est ainsi que tout ce qui est du domaine de la production de l'électricité, c'est-à-dire des usines génératrices, machines, sources d'énergie, etc., est exclu du champ d'études du Congrès; ne viendront en discussion que les questions concernant les applications de l'Électricité, c'est-à-dire toutes celles que peuvent soulever le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique à partir de la sortie de l'usine génératrice.

Ce programme, encore bien vaste, fut divisé en neuf sections que voici :

1° Réglementation;
2° Construction et protection des réseaux;
3° Exploitation technique et commerciale;
4° Éclairage et applications domestiques;
5° Applications à l'Industrie, aux Mines, à la Traction et à l'Agriculture;
6° Électrochimie et Électrométallurgie;
7° Télégraphie et Téléphonie;
8° Enseignement et mesures;
9° Applications à l'Hygiène et à la Médecine.

Sur l'ensemble de ces questions, quarante-deux Rapports furent rédigés et distribués en épreuves dès le premier jour du Congrès; la publication définitive comprendra soixante Rapports environ, dont un grand nombre constituent des œuvres de premier ordre. 1.300 membres adhérents furent inscrits sur les listes de ce Congrès, qui prendra place parmi les plus importants de ces dernières années; 400 environ se trouvèrent réunis à Marseille.

Nous ne pouvons songer ici à analyser tous les Rapports présentés et les discussions qui ont suivi; nous essaierons seulement de donner la physionomie générale du Congrès, en rattachant à trois groupes les communications faites en séance : 1° Relations entre les questions techniques et les questions législatives ou de réglementation; 2° Relations entre les questions techniques et les questions commerciales ou administratives; 3° Questions techniques pures.

I

La loi du 15 juin 1906 règle en France les distributions d'énergie électrique; cette loi, très étudiée et d'un caractère de libéralisme incontestable, distingue deux espèces de lignes de transmission ou de distribution : celles qui n'empruntent que des terrains privés, et celles qui empruntent la voie publique. Les premières peuvent être établies en

Digitized by Google

toute liberté si, en aucun point de leur parcours, elles ne passent à moins de 10 mètres d'une ligne télégraphique ou téléphonique préexistante; elles sont soumises à une autorisation préfectorale dans le cas contraire. Les secondes s'établissent sous le régime des concessions : concessions simples ou concessions avec déclaration d'utilité publique suivant leur importance; on conçoit combien ce dernier point est d'un intérêt vital pour les grands réseaux qui se développent actuellement.

La loi de 1906 a fait l'objet de deux Rapports au Congrès de Marseille : dans l'un, M. Payen examine les points de droit extrêmement nombreux que peut soulever l'application de la nouvelle loi vis-à-vis des concessions et autorisations antérieures; dans l'autre, M. Ducreux étudie, au point de vue de la législation comparée, le régime qui existe en France et celui qui existe dans les autres pays.

Les discussions qui suivirent ces Rapports amenèrent la 1re Section à présenter à l'Assemblée générale du Congrès un vœu concernant le vol de l'énergie électrique. Déjà le Congrès d'Électricité de 1900, réuni à Paris, s'était occupé de cette question : sa Chambre des Délégués avait émis l'avis que l'énergie électrique doit être considérée comme une propriété, et le vœu que cette propriété soit protégée, de même que toute autre, suivant la jurisprudence déjà établie dans plusieurs grands États.

La loi de 1906 est muette à ce sujet; mais, ainsi que le remarque M. Ducreux, le mal n'est pas grand; car le détournement est certainement puni par notre loi pénale. Le point qui préoccupe les industriels est plutôt la recherche d'un moyen pratique pour constater le détournement ; c'est là, en effet, la difficulté : l'exploitant ne peut pénétrer à l'improviste chez l'abonné qu'il soupçonne de vol, pour constater si ce dernier détourne du courant; d'un autre côté, si l'on n'arrive pas à l'improviste, on ne constatera jamais rien.

La solution que préconise M. Ducreux est ingénieuse : elle invoque l'analogie de ce qui se passe, dans l'état actuel de notre législation, en matière de propriétés artistiques; l'auteur d'une œuvre que l'on contrefait peut requérir le commissaire de police ou le juge de paix pour qu'il pénètre à l'improviste chez le prétendu contrefacteur et qu'il y constate la contrefaçon.

Peut-être y aurait-il là un moyen pratique et commode permettant aux industriels, trop souvent désarmés, de prendre en flagrant délit l'abonné qui détourne du courant.

Quoi qu'il en soit, le Congrès de Marseille a émis le vœu : « Que le Comité permanent d'Électricité recherche une solution pratique pour que les industriels trouvent dans la législation française un mode rapide et simple pour arriver à la constatation immédiate du vol d'énergie. »

La fin du Rapport de M. Ducreux soulève une question qui, bien que n'ayant pas donné lieu à un vœu de la part du Congrès, n'en a pas moins une grande importance : c'est celle du transport à l'étranger de l'énergie électrique produite en France. Cette question ne figure pas dans notre loi de 1906, tandis que la Suisse a pris, le 31 mars 1906, un arrêté aux termes duquel la dérivation à l'étranger d'énergie électrique provenant de forces hydrauliques suisses ne peut avoir lieu qu'avec l'autorisation du Conseil fédéral et moyennant certaines conditions. Le Congrès de Marseille n'a pas cru devoir émettre de vœu à ce sujet, parce que la question est à l'ordre du jour et que M. le sénateur Chautemps a déposé un projet de loi dans ce sens.

Un autre point, d'un intérêt capital pour les industriels, fut étudié au Congrès et donna lieu à un Rapport très documenté de M. Bougault : il s'agit du nouveau projet de loi relatif aux patentes des usines prenant en dehors d'elles la force motrice nécessaire à leur fonctionnement. La question est intéressante, et montre combien, à l'heure actuelle, des idées scientifiques précises doivent pénétrer dans le domaine même de la législation; dans l'état actuel des choses, ces usines sont soumises à l'article 12 de la loi du 15 juillet 1880, dont voici le paragraphe le plus intéressant :

« Le droit proportionnel pour les usines et établissements industriels est calculé sur la valeur locative de ces établissements pris dans leur ensemble et munis de tous leurs moyens matériels de production. »

La clarté de ce texte semblait le mettre à l'abri de toute discussion, lorsque, en 1900, l'Administration des Contributions inaugura un nouveau mode de taxation vis-à-vis des industriels abonnés, pour la force motrice, à des distributions d'énergie électrique : à la valeur locative de ces usines (calculée sur l'ensemble des terrains, bâtiments, machines, etc.), elle émit la prétention d'ajouter la valeur du contrat d'abonnement de l'industriel à la Compagnie de distribution d'Énergie électrique, en sorte que, en supposant par exemple qu'une usine, y compris tout son matériel, ait été taxée à 100.000 francs de valeur locative, ladite valeur deviendrait 130.000 francs dans le cas où le contrat annuel d'abonnement serait de 30.000 francs.

On conçoit que les industriels s'élevèrent vivement contre cette interprétation de la loi; malheureusement, le Conseil d'État leur donna tort dans un arrêt dont nous devons citer les premiers mots : « La force motrice qui donne l'impulsion à une usine constitue, indépendamment du moteur qui la crée, la transforme ou la transmet, un moyen

Digitized by Google

matériel de production au même titre que tous autres éléments statiques ou dynamiques qui concourent à sa production... » Quelque opinion que l'on se fasse sur le fond de la question, on ne peut s'empêcher d'être surpris, au point de vue purement technique, de voir considérer l'énergie comme un moyen matériel de production. Devant une telle situation, une revision ou un complément de la loi de 1880 s'imposait; deux projets sont en présence : l'un dû à M. Caillaux, qui semble constituer une solution transactionnelle entre l'état actuel et le régime qui donnerait entière satisfaction aux intéressés; l'autre, dû à M. Cazeneuve, qui a le grand mérite de préciser très nettement la question. Il le fait dans les termes suivants :

« Ne pourront être considérés comme moyens matériels de production que les moteurs et l'outillage qui devront être évalués à l'état de repos, sans qu'on puisse y comprendre les éléments fongibles à l'aide desquels on les met en œuvre, tels que le gaz, l'électricité, l'énergie sous toutes ses formes, les combustibles et tous autres éléments susceptibles d'être consommés et détruits par l'usage. »

La première Section du Congrès de Marseille émit le vœu suivant, tendant à appuyer ce projet de loi :

« La première Section du Congrès, qui a étudié et discuté la proposition de loi de M. Cazeneuve, député, et de quatre-vingts de ses collègues, et le projet de loi déposé par M. le Ministre des Finances, relatifs à la patente des usines prenant en dehors d'elles la force motrice;

« Considérant qu'il est de jurisprudence et de pratique courante que les matières qui se détruisent par l'usage ne rentrent pas en ligne de compte dans l'estimation de la valeur locative des usines, qu'il n'y a donc pas lieu de faire une distinction, à ce point de vue, entre le charbon et le courant électrique qui sont des éléments fongibles;

« Considérant que la force motrice produite par la vapeur n'a jamais été considérée comme un élément imposable indépendamment de la machine qui l'a produite; que cette force motrice, prise en elle-même, ne doit pas être davantage imposée lorsqu'elle est produite par tout élément fongible, tel que le courant électrique;

« Considérant qu'il doit en être ainsi, lors même que le courant a été produit à l'extérieur de l'usine, l'industriel qui le reçoit devant avoir un matériel important de réception et de transformation et souvent de secours sur lequel seul doit être assis le droit proportionnel, conformément au dernier paragraphe de l'article 12 de la loi du 15 juillet 1880 sur les patentes;

« Émet le vœu :

« 1° Que le Parlement adopte la proposition de loi de M. le député Cazeneuve, qui a le grand mérite de ne pas faire de distinction arbitraire, pour l'établissement du droit de patente, entre les éléments qui servent à produire la force motrice, quand ces éléments sont de nature à être consommés ou détruits par l'usage;

« 2° Que la Commission parlementaire saisie des projets de loi déposés sollicite sur cette question, qui soulève des difficultés techniques d'application, l'avis du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, auprès duquel est constitué le Comité permanent d'Électricité ».

Enfin, la première Section du Congrès avait à étudier les questions de réglementation concernant les traversées des routes, voies ferrées, lignes télégraphiques, téléphoniques et de signaux par les lignes électriques industrielles. Cette question donne lieu actuellement à une réglementation très précise, que le Congrès s'est efforcé de compléter par les avis suivants :

1° La première Section du Congrès appelle l'attention des industriels sur l'intérêt qu'ils peuvent avoir, dans le calcul des installations aux traversées des voies publiques et des voies ferrées par des canalisations aériennes électriques, à tenir compte des surcharges éventuelles, dues au givre, à la neige collante et au verglas;

2° La même Section est d'avis qu'il y a lieu d'interdire l'emploi de supports en bois non injecté pour la traversée des voies publiques et des voies ferrées par des canalisations électriques aériennes.

Si nous nous sommes étendus avec quelque développement sur ces différents points, c'est qu'il nous semble que cette discussion ouverte des questions législatives ou administratives par une assemblée de techniciens habitués aux choses de la pratique peut être extrêmement féconde : ce sera là un des côtés les plus originaux et les plus nouveaux du Congrès de Marseille.

II

On conçoit que l'exploitation de ces immenses réseaux d'énergie électrique, qui aujourd'hui couvrent des milliers de kilomètres carrés de territoire, soulève des questions commerciales extrêmement complexes. Le Congrès en a examiné quelques-unes, en particulier les différents systèmes de vente de l'énergie électrique; tel était l'objet du Rapport présenté par M. L. George. La tarification de l'énergie électrique semble bien simple au premier abord, et, pour toute personne non prévenue, il semble que l'on pourrait établir un prix de vente uniforme de l'hectowatt-heure électrique, comme on établit un prix de vente uniforme du mètre cube de gaz. En réalité, la ques-

Digitized by Google

tion est toute différente, et la différence provient de ce que le gaz peut être accumulé, tandis que, dans l'immense majorité des cas, l'électricité ne le peut pas. Il en résulte que les capitaux engagés dans une entreprise de gaz dépendront de la consommation moyenne, tandis que, dans le cas de l'électricité, ils dépendront de la consommation maxima; il y a là une circonstance évidemment défavorable pour l'électricité. Aussi les entreprises d'électricité cherchent-elles, par tous les moyens possibles, à égaliser la consommation aux différentes heures de la journée: c'est là le but des innombrables systèmes de tarification et de rabais qui ont été imaginés. Ces différents systèmes : rabais suivant la nature des appareils d'utilisation, suivant la nature des locaux dans lesquels l'énergie électrique est utilisée, suivant la quantité d'électricité consommée dans l'année, suivant la régularité de la consommation, suivant l'heure à laquelle le courant est consommé, rabais pour cause d'exclusivité, rabais suivant la durée de l'abonnement, systèmes de tarifs à forfait, de tarifs avec modifications pour dépassement, et suivant l'heure, tous ces systèmes ont été étudiés et discutés avec le plus grand soin dans le Rapport présenté par M. George.

A la question de la tarification se rattache immédiatement celle des compteurs; elle a fait l'objet d'un remarquable Rapport de M. Fabry. Ce sont les compteurs d'abonnés qui, jusqu'ici, ont fait l'objet du plus grand nombre de travaux, et l'on peut dire qu'aujourd'hui ces appareils répondent à tous les besoins de la pratique. Les compteurs ordinaires, à simple tarif, sont bien connus et ont une marche en général fort satisfaisante; mais ils ne sont plus les seuls employés: les besoins d'une tarification complexe que nous avons signalés plus haut ont amené la création de compteurs correspondants. C'est ainsi qu'il existe des compteurs à dépassements satisfaisant au contrat de vente suivant : le consommateur paie à forfait une certaine puissance W_0, c'est-à-dire que, moyennant une somme annuelle fixée, il pourra utiliser, à son gré, une puissance ne dépassant pas cette limite. En outre, lorsque la puissance absorbée W dépasse W_0, l'abonné paiera, à un tarif fixé, la quantité d'énergie correspondant à la puissance dépassant W_0. Le compteur doit donc, dans ce cas, enregistrer seulement cette énergie excédente : tel est le rôle des compteurs à dépassement. Il existe également des compteurs à tarifs multiples disposés de manière à modifier automatiquement le prix de l'hectowatt-heure suivant l'heure de la journée.

Mais, outre ces compteurs d'abonnés, il existe actuellement des compteurs beaucoup plus importants et, on peut le dire, moins bien étudiés; ce sont les compteurs de station centrale, qui doivent mesurer les quantités d'énergie très considérables, et souvent sous forme de courants très variables, qui s'écoulent par un feeder déterminé; la question de ces compteurs a été traitée par M. Fabry et discutée d'une manière approfondie à la huitième Section du Congrès.

A ces questions commerciales se rattache encore le Rapport de M. Loucheur sur l'organisation des Sociétés de distribution d'électricité au point de vue économique et financier: ce Rapport, non imprimé au moment du Congrès, figurera dans la publication définitive.

Enfin le Congrès a eu occasion d'examiner un Rapport de M. E. Doucerain sur les diverses assurances applicables aux réseaux électriques. La discussion qui a suivi ce Rapport a abouti au vœu suivant, adopté par l'Assemblée générale :

« La troisième Section du Congrès émet le vœu que les Compagnies d'assurances adoptent, universellement, une tarification de primes variables suivant la nature et les qualités des installations électriques, ainsi qu'il est déjà pratiqué dans certains pays ».

III

Les Rapports d'ordre purement techniques ont été, comme il est naturel, les plus nombreux présentés au Congrès. Nous ne pouvons songer à les analyser tous; nous nous bornerons à signaler les points les plus importants.

La deuxième Section, qui avait à étudier la construction et la protection des réseaux, a examiné successivement les lignes souterraines et les lignes aériennes. Bien entendu, c'est dans le cas des lignes à hautes tensions qu'elle s'est placée, ce cas étant à la fois le plus important et le plus difficile à traiter dans la pratique.

Pour les premières, en dehors des données techniques, fort nombreuses et fort intéressantes, développées dans le Rapport de M. de Marchena, la question à l'ordre du jour depuis longtemps déjà est celle de l'essai des câbles soit avant, soit après la pose. L'isolant de ces câbles peut être examiné à deux points de vue différents : l'isolement proprement dit ou la rigidité diélectrique; l'isolement est la qualité qui s'oppose aux dérivations de courant silencieuses, plus ou moins analogues aux fuites dans les canalisations d'eau; la rigidité est la qualité qui s'oppose à la rupture de l'isolant sous l'influence d'une décharge électrique due aux hautes tensions.

Or, il se trouve que ces deux qualités correspondent à des propriétés différentes de la matière, et que leur réalisation simultanée, est en général,

Digitized by Google

incompatible: jusqu'à ces dernières années, les cahiers des charges demandaient, en général, aux fabricants de câbles, des isolements exagérés qu'ils ne pouvaient réaliser que par des artifices, des mélanges plus ou moins complexes de corps résineux à leurs isolants, souvent aux dépens de la qualité primordiale, c'est-à-dire de la rigidité diélectrique; or, dès qu'on dépasse un isolement de quelques mégohms par kilomètre, il n'y a aucun intérêt à en exiger des centaines ou des milliers. La deuxième Section émit donc l'avis suivant, qui pourra avoir le plus bienfaisant effet sur l'industrie des câbles à haute tension :

« Les essais d'isolement doivent être réduits à un simple contrôle de la régularité des chiffres d'isolement en cours de fabrication, sans préoccupation de la valeur absolue de ces chiffres. »

Une autre question, bien importante à la fois pour les exploitants et pour les fabricants de câbles, est celle de la responsabilité en cas de rupture de l'isolant : lorsqu'un accident de ce genre arrive, les premiers sont naturellement portés à l'attribuer à une imperfection du câble, les seconds à une élévation anormale et accidentelle de la tension. Ces questions de *surtensions*, de protection contre les surtensions, ont été très soigneusement examinées dans le Rapport de M. Grosselin et discutées en séance.

En ce qui concerne les lignes aériennes, la discussion porta sur des points techniques très nombreux, mais aussi très spéciaux, et non susceptibles d'être résumés ici : isolateurs, types de supports, conducteurs aériens, dispositifs de protection, en cas de rupture, des conducteurs aériens, telles furent les principales questions examinées. L'emploi de l'aluminium comme conducteur fut particulièrement étudié : on sait que, pour que ce métal puisse rivaliser avec le cuivre au point de vue économique pour cet usage, il suffit que son prix par kilog soit inférieur au double du prix du cuivre ; or, cette limite est largement dépassée, puisque aujourd'hui le prix de l'aluminium est tombé au-dessous de 2 francs par kilog. La question mérite donc d'arrêter l'attention des praticiens, et la deuxième Section émit le vœu « qu'on élabore un projet de cahier des charges déterminant les conditions d'emploi de l'aluminium ».

Enfin, sur la proposition de M. Montpellier, la deuxième Section émit également le vœu suivant :

« Considérant que les phénomènes d'électrolyse constatés dans le voisinage des réseaux de distribution d'énergie électrique et des voies de tramways sont des plus complexes;

« Que, d'autre part, les solutions indiquées pour éviter ces effets d'électrolyse sont très différentes les unes des autres, ce qui se conçoit facilement, les conditions d'établissement des lignes souterraines et la nature des terrains traversés n'étant pas les mêmes;

« La deuxième Section du Congrès émet le vœu que le Comité d'Electricité adresse à toutes les stations génératrices un questionnaire relatif :

« 1° Au mode d'établissement de leurs canalisations;

« 2° Aux dispositifs qu'elles emploient pour éviter les phénomènes d'électrolyse ;

« 3° Aux phénomènes d'électrolyse qu'elles ont constatés ».

La troisième Section du Congrès avait à s'occuper de l'exploitation technique et commerciale; nous avons déjà étudié une partie des travaux de cette Section. Au point de vue purement technique, nous signalerons les sujets suivants : comparaison des différents modes de transport d'énergie électrique, emploi des accumulateurs dans les distributions d'énergie électrique, emploi de la terre comme partie d'un circuit électrique, exploitation technique des réseaux, communications téléphoniques au moyen des lignes établies sur les supports des conducteurs d'énergie électrique.

Nous dirons seulement un mot de l'important Rapport de M. E. Brylinski sur la question du retour par la terre. Tout le monde sait que cette question est une des plus anciennes de l'Electricité, puisqu'elle remonte aux débuts du télégraphe électrique; l'emploi de la terre comme conducteur de retour, ou plutôt la mise au même potentiel des deux extrémités d'une ligne par l'intermédiaire de la terre, supprime un conducteur sur deux et, par suite, procure une économie de 50 °/₀ sur l'établissement de la ligne. On conçoit qu'une économie du même genre serait d'une importance beaucoup plus considérable encore pour les grands transports d'énergie, à cause de la grande quantité de cuivre immobilisée par ces transports et du prix considérable de l'établissement des lignes à haute tension. Aussi l'idée d'emprunter la terre comme conducteur de retour devait-elle naturellement venir aux exploitants des grands réseaux, et, dès 1902, un industriel demanda une autorisation de ce genre. Le problème était posé, et l'Etat estima qu'il était trop important pour être écarté par la question préalable. Il fut soumis au Comité d'Electricité, qui décida d'entreprendre à ce sujet une série d'expériences : ces expériences furent exécutées dans la vallée de l'Isère, sous la direction de M. E. Harlé, par MM. Pionchon et Barbillion. D'autre part, des expériences analogues étaient exécutées en Suisse en septembre 1906. Toutes ces expériences avaient pour objet d'étudier le principal danger — on pourrait presque dire le seul —

Digitized by Google

du retour par la terre des forts courants, à savoir la possibilité d'une action perturbatrice sur les télégraphes, téléphones, signaux de chemins de fer, etc. On trouvera dans le Rapport de M. Brylinski le résultat de ces expériences, dont le principal semble celui-ci : pour un courant de 210 ampères, à 1 kilomètre environ de la prise de la terre, la chute linéaire de tension devint inférieure à 1 volt par kilomètre, limite admise actuellement comme non dangereuse dans les exploitations de tramways qui utilisent le retour par les rails.

La 4e Section (Éclairage et Applications domestiques) étudia et discuta d'abord un intéressant Rapport de M. F. Laporte sur la spécification et la photométrie des lampes électriques. Cette question de la spécification des lampes électriques, et plus particulièrement des lampes à incandescence, est une de celles qui intéressent de plus près le consommateur : celui-ci, en effet, pour nous en tenir aux lampes à filament de charbon, se borne à acheter une lampe marquée, par exemple, 110 volts — 16 bougies. Mais il est aisé de voir que ces indications sont loin d'être suffisantes : en effet, il est aisé de fabriquer un grand nombre de filaments différents les uns des autres et qui cependant, sous la tension marquée de 110 volts, donneront tous la même intensité lumineuse de 16 bougies : les uns (lampes poussées) dépenseront moins, mais dureront moins ; les autres (lampes non poussées) dépenseront plus, mais dureront plus. La question de durée est donc capitale pour les lampes à incandescence, et une lampe devrait être définie non seulement par son intensité lumineuse et la tension sous laquelle elle fonctionne, mais encore par l'affaiblissement relatif de son intensité lumineuse et l'accroissement relatif de sa dépense spécifique au bout d'un nombre d'heures déterminé. Ces points ont fait, dans les différents pays, l'objet de spécifications détaillées que M. Laporte analyse dans son Rapport.

A la même Section étaient présentés deux Rapports de M. Blondel, tous deux d'une grande importance, l'un sur les progrès des lampes à arc, l'autre sur les progrès des lampes à incandescence. Ces Rapports, qui doivent être considérés comme la suite de ceux que M. Blondel a rédigés pour les Congrès de Paris en 1900 et de Saint-Louis en 1904, mettent au point, d'une manière remarquable, l'état actuel de l'éclairage électrique : dans le premier, le point le plus saillant depuis les dernières Expositions nous est présenté par le développement très rapide des arcs à flamme, auquel l'auteur a pris lui-même une part considérable; dans le second, ce sont les lampes à incandescence à filament métallique qui constituent la plus grande nouveauté. On trouvera, dans les Rapports de M. Blondel, de nombreux documents à ce sujet; une intéressante discussion en a suivi la lecture. De cette discussion semble résulter, en ce qui concerne les arcs à flamme, que les deux qualités : bon rendement et bon fonctionnement des lampes, semblent en opposition, la première exigeant une forte minéralisation du charbon et la seconde une faible, et que c'est vers la conciliation de ces deux besoins que tendent les efforts des constructeurs; en ce qui concerne les lampes à filament métallique, que la grande supériorité de leur rendement sur celui des lampes à filament de carbone n'a pas jusqu'ici nui, d'une manière sensible, aux stations centrales, l'emploi des nouvelles lampes se traduisant bien plutôt par une augmentation de lumière que par une économie d'argent.

Enfin, la 4e Section a entendu et discuté un intéressant Rapport de M. Goisot sur le chauffage électrique et ses diverses applications.

La 5e Section (Applications à l'Industrie, aux Mines, à la Traction et à l'Agriculture) a été l'une des plus chargées et aussi l'une des plus suivies du Congrès; la multiplicité des problèmes qu'elle avait à examiner pouvait à peine être exposée dans le court espace de temps d'un Congrès. Les sujets traités ont été les suivants : Emploi de l'énergie électrique dans les usines, ateliers et manufactures; régulateurs automatiques et servo-moteurs électriques; équipement électrique des mines; comparaison des différents systèmes de traction; application de la traction électrique aux chemins de fer; moteurs de traction; signaux et appareils de commande électrique des chemins de fer; traction électrique sur les canaux; culture électromécanique du sol. La plupart de ces Rapports sont de la plus haute importance, mais, par là même, ne sont pas susceptibles d'être résumés. Citons cependant, en particulier, le Rapport de M. Brunswick sur les mines, et celui de M. Tissot sur les différents systèmes de traction.

Le premier examine successivement les installations de jour, les pompes, les ventilateurs, les moteurs au fond, la traction au fond, l'éclairage au fond, et enfin, question capitale et qui domine toutes les autres, les machines d'extraction. On sait le problème spécial que soulèvent ces machines : satisfaire à des demandes de puissance très irrégulières au moyen d'un moteur à puissance aussi régulières que possible; dans le cas de la machine à vapeur, le plus employé jusqu'ici, le volant, ou les systèmes analogues, constitue la seule solution du problème; l'électricité, avec sa souplesse, a suggéré des solutions très variées, dont la discussion présente un haut intérêt.

Digitized by Google

Quant au Rapport sur la traction électrique, il étudie successivement les questions suivantes : Classement des divers systèmes de traction ; comparaison des systèmes de traction envisagés au point de vue : 1° de la construction ; 2° de l'exploitation ; 3° du coût du premier établissement ; 4° des dépenses d'exploitation ; résultat de l'enquête faite auprès des maisons de construction de matériel de traction. Ces derniers résultats sont résumés dans deux tableaux d'ensemble qui constituent des documents de premier ordre pour les spécialistes.

La même Section, à la suite d'un intéressant Rapport de M. de Traz sur l'emploi de l'énergie électrique dans les usines, ateliers et manufactures, émit le vœu suivant :

« La 5e Section émet le vœu que les constructeurs de machines-outils, métiers et mécanismes divers employés dans les ateliers continuent à diriger leurs efforts vers la création d'un matériel nouveau permettant de tirer, des avantages de la commande électrique, meilleur parti qu'avec le matériel créé et mis au point pour être commandé par arbres de transmission, auquel on se contente trop souvent d'accoler le moteur électrique ».

Je ne parle pas de très nombreuses communications qui ont eu lieu devant cette Section, parmi lesquelles il faut cependant signaler celles de M. Boucherot sur ses alterno-moteurs oscillants, l'une des nouveautés les plus remarquables de l'Exposition.

La 6e Section (Électrochimie et Électrométallurgie) mériterait d'avoir à elle seule les honneurs d'un Congrès, tant les progrès faits dans ces deux branches pendant ces dernières années ont été considérables ; il est vrai que ces matières sont déjà largement représentées dans les Congrès de Chimie appliquée, ce qui est juste, le point de vue chimique y prenant plus d'importance que le point de vue électrique.

Quatre Rapports étaient présentés à cette Section : Fixation de l'azote atmosphérique ; état actuel de l'Électrométallurgie ; électrométallurgie du cuivre ; état actuel de l'Electrochimie ; ces Rapports, fort étudiés, mettent au point des questions déjà traitées dans les périodiques spéciaux, et dont on trouvera de nombreuses traces dans cette *Revue* même ; nous ne les résumerons donc pas. Signalons seulement les points qui ont été particulièrement étudiés en séance. La fixation de l'azote atmosphérique continue à être la grande question à l'ordre du jour : on connaît les beaux procédés de M. Birkeland, fondés sur l'emploi d'arcs alternatifs en forme de disques de près de 2 mètres de diamètre ; l'usine de Nottoden (Norvège), qui utilise ces procédés, y emploie une puissance de 36.000 kilowatts avec un rendement de 500 kilogs d'acide azotique par kilowatt-an.

Des discussions intéressantes ont suivi l'exposé de ces travaux et ont porté surtout sur les variantes des procédés Birkeland essayées de différents côtés (Gorbow et Mitckievitch à Saint-Pétersbourg, Pawling à Insbruck, Haber à Carlsruhe).

Un autre mode indirect de fixation de l'azote est, comme on le sait, réalisé par le passage, à une température plus ou moins élevée, d'un courant d'azote atmosphérique sur le carbure de calcium obtenu au four électrique : on obtient ainsi le produit appelé la cyanamide calcique, ou chaux azotée, qui donne de l'ammoniaque au contact de l'eau et, par suite, peut servir à remplacer les engrais ammoniacaux ; l'énergie électrique est donc encore, dans ce procédé, l'origine indirecte de la fixation de l'azote, et l'on peut en comparer le rendement à celui du procédé Birkeland.

Les calculs de M. Guye fixent le rendement de ce procédé, en mesurant l'azote sous forme d'acide azotique, à 400 kilogs par kilowatt-an, tandis qu'une communication faite en séance par M. Gall porte ce chiffre à 2.000 kilogs.

Parmi les recherches électrométallurgiques, l'électrométallurgie du cuivre a donné lieu à un Rapport spécial de M. Vuignier, qui a été discuté en séance ; il semble en résulter que, grâce aux travaux de différents électrométallurgistes, parmi lesquels M. Keller, ce procédé est dès maintenant entré dans le domaine pratique et permet avantageusement de traiter même des minerais pauvres, ne titrant que 4 °/₀, qui ne pourraient être exploités autrement.

Le Rapport très important de M. Gin sur les procédés généraux et l'état actuel de l'Electrométallurgie n'a malheureusement donné lieu en séance qu'à des revendications d'un caractère personnel.

Enfin, le Rapport de MM. Gall et Dony-Hénault sur l'état actuel de l'Électrochimie a montré toute l'importance des procédés électriques dans les différentes branches de la Chimie ; à ce domaine se rattache une intéressante communication faite en séance par M. Chaumat sur son procédé électrolytique de réduction de l'indigo.

La 7e Section (Télégraphie et Téléphonie) a, comme de juste, envisagé sous l'aspect le plus moderne les problèmes qui lui étaient posés ; c'est ainsi que la Télégraphie a donné surtout lieu, dans le Rapport de M. Devaux-Charbonnel, à l'étude des appareils télégraphiques rapides qui, on le sait, vont aujourd'hui jusqu'à transmettre quarante mille mots à l'heure, alors que l'antique Morse arrive à peine à mille. Le Rapport de M. Laroze sur la Télégraphie sous-marine a donné lieu à d'inté-

Digitized by Google

ressantes considérations sur la spécification des câbles, leur rendement financier, et l'influence des conditions géographiques sur les prospérités relatives des diverses compagnies de câbles. Celui de M. Milon, sur la téléphonie, se place surtout au point de vue pratique, et étudie successivement l'amélioration des conversations et la sensibilisation des appareils, l'élargissement des limites qu'impose la distance aux facilités de communication, la rapidité de la mise en communication et le perfectionnement des meubles commutateurs, toutes questions vitales pour la téléphonie, qui a pris une si grande place dans la vie moderne.

Les transmissions à distance sans conducteur ne pouvaient manquer d'occuper une place importante dans cette Section ; elles ont donné lieu à deux importants Rapports : l'un sur la Télégraphie sans fil par M. le capitaine Brenot, l'autre sur la Téléphonie sans fil par M. le lieutenant de vaisseau Tissot. Cette dernière application des ondes hertziennes, si nouvelle, et qui a fourni des résultats remarquables, donna lieu à une discussion suivie qui met en évidence l'intérêt qu'il y a, à ce point de vue, d'une part à perfectionner les procédés de production des ondes électriques entretenues à fréquence élevée (fréquence qui doit être très grande par rapport aux fréquences usuelles des ondes acoustiques produites par la voix humaine), d'autre part à améliorer les microphones transmetteurs à grande intensité de courant.

Enfin, la Section a examiné un Rapport de M. Neu sur l'application des courants à fréquence élevée pour la transmission des signaux sur les lignes industrielles.

La 8e Section avait à s'occuper de deux ordres de questions bien distinctes : les mesures électriques et l'enseignement. Les premières ont donné lieu à un intéressant Rapport de M. A. Durand, qui, sans descriptions inutiles, a su mettre au point une étude d'ensemble sur les instruments de mesures actuellement employés dans l'industrie, en signalant leurs qualités, leurs défauts, et les progrès qu'on peut en attendre.

La question très discutée de la formation de l'Ingénieur-électricien a surtout rempli la seconde partie des séances : elle avait donné lieu à un Rapport d'ensemble sur les Ecoles électrotechniques, par MM. P. Janet et H. Chaumat, et à une étude très documentée de M. A. Blondel sur « ce que doit être l'ingénieur-électricien ».

Le premier donne des renseignements détaillés sur l'organisation de l'enseignement de l'Electrotechnique dans le monde entier ; la seconde discute la question très à l'ordre du jour de la formation de l'ingénieur-électricien. Après avoir adopté la définition de M. H. R. Parshall, d'après lequel l'ingénieur-électricien doit être un ingénieur-mécanicien complété par une solide formation au point de vue physique, M. Blondel distingue cinq catégories d'ingénieurs-électriciens : l'ingénieur-constructeur, l'ingénieur d'exploitation, l'ingénieur-conseil, l'ingénieur commercial et l'ingénieur-électrochimiste ; il étudie ensuite la pédagogie de l'ingénieur-électricien, et la question, si souvent controversée, de l'opportunité de la spécialisation. Il termine enfin par l'étude du stage industriel, encore si peu organisé en France. Le Rapport de M. Blondel a donné lieu à d'intéressantes communications de M. H.-R. Parshall et du colonel Crompton, et à une longue discussion qui n'est guère susceptible d'être résumée ici.

Enfin la 9e Section (Électricité médicale), présidée par M. le Dr Bergonié, entendit des Rapports sur la stérilisation des eaux et de l'air par les procédés électriques, sur les quantitomètres en radiographie et en radiothérapie, sur l'action destructive de l'étincelle électrique sur les tissus, et enfin sur les tubes à rayons X de grande puissance. Elle émit les vœux suivants, soit seule, soit associée à d'autres sections :

« La 9e Section du Congrès, considérant que l'étude des accidents causés par les courants électriques est de nature à faciliter la prévention, émet le vœu que les Pouvoirs publics établissent et publient chaque année la relation et la statistique des accidents survenus en France.

« La 9e Section émet le vœu que, dans les instructions prévues par le décret du 11 juillet 1907 et par l'arrêté technique du 21 mars 1908 concernant les secours à donner aux victimes des accidents par l'électricité, on prescrive d'avoir recours, autant que possible, aux manœuvres de la respiration artificielle en même temps qu'aux tractions rythmées de la langue ;

« Que ces manœuvres soient prolongées pendant longtemps et au moins jusqu'à l'arrivée du médecin.

« La 3e, la 8e et la 9e Sections émettent le vœu que les directeurs des écoles d'ingénieurs-électriciens fassent apprendre à leurs élèves les manœuvres de la respiration artificielle et de la traction rythmée de la langue ».

Comme tout Congrès, celui-ci a été complété par des excursions, visites aux usines électriques de la région, conférences, etc., dont nous ne parlerons pas ici ; pourtant, au milieu de ces différentes excursions, je voudrais en signaler une que j'ai faite solitairement aux Laboratoires de la Faculté des Sciences, et qui m'a profondément navré : ces Laboratoires, d'où sont sortis, d'où sortent encore

Digitized by Google

de si beaux travaux, sont installés dans des bâtiments exigus, tombant en ruine; quelques caves, quelques misérables taudis, voilà le Laboratoire de Physique; à l'heure où l'on a déjà tant fait pour l'enseignement supérieur, il semble d'un autre âge de voir, dans une ville comme Marseille, des installations délabrées et comme honteuses de la science qui s'y fait; nous serions heureux si le grand jour projeté par le Congrès de Marseille sur de telles ruines pouvait engager les Pouvoirs publics à porter sur elles leur bienveillante attention.

IV

Nous avons essayé, dans le résumé qui précède, de donner une idée sommaire de la richesse des matières qui ont été examinées et discutées au Congrès de Marseille. Cette richesse même montre que ce Congrès venait à son heure; et l'importance des questions soulevées, toutes vitales, toutes en pleine évolution, fait pressentir que rapidement, dans le siècle qui commence, s'accumuleront les matériaux d'études pour des Congrès de ce genre. Ce point de vue a frappé un grand nombre de congressistes, et, après étude, il en est résulté le vœu suivant qui a été présenté directement à l'Assemblée générale de clôture et, à l'unanimité, adopté par elle :

Le Congrès International des Applications de l'Électricité, réuni à Marseille du 14 au 19 septembre 1908, dans son Assemblée générale de clôture, émet les vœux suivants :

1° Que des Congrès ayant pour objet l'étude de la production et des applications de l'électricité se réunissent périodiquement dans différents pays ;

2° Que MM. les Délégués des Gouvernements étrangers et des Sociétés techniques étrangères veuillent bien étudier, chacun en ce qui le concerne, les mesures à prendre pour aboutir à la formation d'un Bureau international permanent, ayant pour but la préparation et l'organisation de ces Congrès ;

3° Que les renseignements recueillis soient centralisés à Paris au Siège de la Commission d'organisation du Congrès de Marseille, 63, boulevard Haussmann, par les soins d'une Commission provisoire.

Paul Janet,
Professeur à la Sorbonne,
Directeur du Laboratoire central
et de l'Ecole supérieure d'Electricité,
1er Vice-Président du Congrès de Marseille

REVUE ANNUELLE D'HYGIÈNE

I. — Les eaux potables et les eaux d'égouts.

§ 1. — Les eaux potables.

La question de l'eau potable reste toujours le grand problème des hygiénistes. Depuis quelques années, nous assistons à une évolution curieuse, que nous pouvons résumer par deux exemples empruntés aux deux grandes capitales du continent: Berlin remplace par une captation d'eau souterraine ses bassins filtrants du Tegelsee, cités jusqu'ici comme type d'un système de filtration d'eau superficielle; Paris, qui, depuis le travail colossal de Belgrand, cherchait son alimentation en eau, au prix des plus grandes dépenses, dans l'amenée d'eau de source, multiplie ses appareils de filtration ou de stérilisation de l'eau superficielle.

Quand il s'agit d'approvisionnement d'eau en quantités considérables, il est impossible de tirer une conclusion des expériences de laboratoire, et c'est uniquement l'observation des résultats obtenus dans les villes qui permet de juger les systèmes pratiqués.

A cet égard, nous sommes aujourd'hui en situation d'étudier les différents systèmes, en passant en revue les travaux effectués en ces quatre dernières années.

Les méthodes d'épuration actuellement en présence peuvent être ramenées à cinq types :

1° Les filtres à sable submergés;
2° Les filtres à sable non submergés;
3° Les filtres rapides, dits américains;
4° La stérilisation par l'ozone;
5° La stérilisation chimique par le fer.

1. *Filtres à sable submergés.* — Ils datent de 1829, époque où Simpson organisa ceux de Chelsea pour alimenter une partie de l'agglomération londonienne. Théoriquement, avec une épaisse couche de sable, une filtration très lente, on doit obtenir une eau bactériologiquement pure; mais, dans la pratique, les imperfections du filtre à sable apparaissent, et, pour ne prendre que les dernières observations, nous pouvons citer : l'étude de Miquel sur les bassins à sable de Saint-Maur et d'Ivry, où il démontre la présence du *Bacillus Coli* et même de bactéries présentant tous les caractères du bacille d'Eberth; le Rapport de Dubief au Conseil d'Hygiène de la Seine, qui attribue une épidémie de fièvre typhoïde à Choisy-le-Roi à l'eau de la Marne filtrée,

Digitized by Google

mais accidentellement et temporairement contaminée.

Les modifications apportées aux filtres à sable par l'adjonction de dégrossisseurs du système Puech permettent-elles de corriger l'insuffisance des filtres primitifs?

En France, deux filtres du type Puech-Chabal fonctionnent depuis 1904 à Pau et 1905 à Nancy. Les filtres de Nancy, chargés de purifier l'eau déjà très claire de la source de l'Aisne, qui débite 600 à 1.200 mètres cubes par jour, sont sous la surveillance de l'ingénieur Imbeaux et du Professeur Macé. La compétence de ces deux spécialistes garantit l'absolue rigueur de l'expérience. La purification est loin d'être parfaite, puisque le coefficient de réduction des bactéries n'atteint pas 90 °/₀, et que des bactéries suspectes ont été trouvées un certain nombre de fois.

2. *Filtres à sable non submergés.* — Un des reproches fait aux filtres à sable submergés est le défaut de régularité; au début, ils fonctionnent mal, puis ils se colmatent et il faut procéder à des nettoyages qui les immobilisent. Enfin, ils exigent une surface considérable, la filtration n'étant réalisée qu'avec une vitesse très lente. La préfiltration Puech atténue ces défauts, surtout au point de vue du colmatage. Un géologue, Janet, s'appuyant sur ce fait que les eaux qui sortent des terrains sableux sont très pures, mais très irrégulières dans leur débit, attribua à cette irrégularité même leur pureté. Les expériences de Miquel et Mouchet[1], poursuivies à Montsouris avec des filtres construits sur ce principe, permirent de reconnaître que l'on peut obtenir avec ces filtres une eau pure, débarrassée du *Bacillus Coli* constaté dans l'eau brute, et ce avec un débit de 4 mètres cubes par mètre carré, alors que les filtres submergés ne dépassent pas 2 mètres cubes.

La ville de Châteaudun est alimentée par un bassin non submergé de 250 mètres carrés.

3. *Filtres rapides américains.* — Les filtres rapides ont pour objet de remédier à la lenteur de la filtration par les filtres ordinaires; ils reposent sur l'adjonction de l'épuration chimique précédant la filtration. L'eau, après décantation, est traitée par du sulfate d'alumine, puis passe dans un récipient renfermant du sable fin sur une hauteur de 1 mètre environ. Le débit peut atteindre 100 mètres cubes par mètre carré de section, soit cinquante fois le débit du filtre à sable. En réalité, la filtration est médiocre : le coefficient de réduction des bactéries ne dépasse pas 85 °/₀, et tombe encore plus bas quand le débit est grand[1]. En outre, le sulfate d'alumine commercial renferme de l'arsenic, dont l'usage prolongé peut, même à dose infinitésimale, devenir nocif[2].

4. *Stérilisation par l'ozone.* — Les progrès accomplis dans l'industrie électrique permettent de fournir économiquement des quantités d'ozone considérables. Or, les expériences de laboratoire ayant donné la preuve de la stérilisation de l'eau par l'ozone fourni en quantité suffisante, il ne restait plus qu'à étudier les effets obtenus dans la pratique. Les procédés pour obtenir l'ozone sont divers : Otto, Abraham et Marmier, ozoneurs statiques à diélectriques; De Frize, fonctionnant sans diélectrique. L'air qui doit barbotter dans l'eau est chargé de quantités variables d'ozone. On compte par mètre cube : Abraham, 4 à 6 grammes; Otto, 15 grammes; De Frize, 2 grammes. Le Rapport de Jolibois et Moreau sur les appareils prenant part au concours de la Ville de Paris, celui de Cornil et Roux sur l'installation Abraham et Marmier à Cosne, sont absolument favorables; ils montrent que le coefficient de réduction atteint 99,8 °/₀, c'est-à-dire la stérilisation pratiquement complète. A Paderborn, à Saint-Pétersbourg, les résultats sont également excellents[3]; mais l'ozonisation ne s'applique qu'à des eaux claires, c'est-à-dire à des eaux de source ne se troublant jamais ou à des eaux ayant subi une filtration ou un dégrossissage préalable.

5. *Stérilisation par le fer*[4]. — Les procédés de stérilisation chimique par le brome, l'iode, les manganates ont surtout pour objet la stérilisation de petites quantités d'eau, alors que l'emploi du fer et surtout du mélange hypochlorite de chaux et perchlorure de fer (le ferro-chlore), suivi d'une filtration rapide, est applicable aux grands approvisionnements d'eau. Le système Howatson[5], étudié à Paris, est employé dans la pratique en Belgique, à Middelkerque; en France, à Lectoure. Contrairement aux méthodes d'ozonisation, il s'applique surtout aux eaux troubles ou contaminées. C'est une méthode de nécessité, suivant l'opinion de Thumm et d'Arnould, mais qui paraît avoir assez bien réussi, puis-

[1] Miquel et Mouchet : Sur les filtres à sable non submergés. *Revue scientifique*, 1907, t. I, p. 33 et 68.
Baudet : *Filtres à sable non submergés*. 1 vol., Dunod, 1908.

[1] Slarkey : Filtration of Water. Montréal, 1906.
[2] Goetze-Tjaden : Congrès d'Hygiène de Berlin, 1907.
[3] Courmont et Lacomme : La stérilisation par l'ozone des eaux urbaines. *Hygiène générale*, p. 641, 1907.
Erlwein-Dobrowolsk, Gartner : Stérilisation de l'eau par l'ozone. *Congrès d'Hygiène*. Berlin, 1907.
[4] Bonjean et Ogier : Purification par le ferro-chlore. *Annales d'Hygiène*, 1905.
[5] Thumm et Schiele : Die Sterilisierung und filtrierung durch das System Howatson. *Mitteil. a. d. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung*, fasc. 8, 1907.

Digitized by Google

qu'à Lectoure elle donne une eau limpide et pure.

6. *Rendements*[2]. — En Hygiène, la question financière joue un rôle essentiel; nous aurions voulu pouvoir établir un prix de revient du mètre cube d'eau potable suivant le procédé utilisé; mais les chiffres que nous avons pu recueillir sont tellement contestables que nous devons faire de prudentes réserves :

			AUTORITÉS
Filtres submergés :			—
Puech-Chabal. .	Nancy.	0,010	Chabal.
Non submergés :			
Miquel	Châteaudun . .	0,012	Miquel.
Ozonisation :			
De Frize.	Saint-Maur . .	0,012	Bruere.
Ferro-chlore :			
Howatson. . . .	Lectoure. . . .	0,005	Faucon.

Une des difficultés pour celui qui veut comparer les différents procédés d'épuration, aussi bien des eaux potables que des eaux d'égouts, est l'absence totale d'une méthode uniforme pour les analyses d'eau. M. Baudet[1], député d'Eure-et-Loir, secrétaire de la Commission d'Hygiène publique à la Chambre des Députés, signalait des incohérences de méthodes. Relevant les analyses d'une même eau faites à la fois, pendant plusieurs mois, au Val-de-Grâce (Vincent), au Laboratoire du Comité consultatif (Pouchet), au Laboratoire municipal (Miquel), il note que les résultats de Vincent sont négatifs vis-à-vis du *Bacillus Coli*, alors que Pouchet et Miquel dénoncent sa présence. Mais le premier faisait ses recherches sur 10 centimètres cubes et les autres sur 80 et 120 centimètres cubes.

Il nous paraît difficile de prendre encore parti dans cette grosse question de la purification des eaux. Dans les discussions soulevées aux séances des Sociétes savantes et des Congrès, trop souvent de gros intérêts industriels sont en jeu et il est difficile de reconnaître, dans le dédale de statistiques susceptibles d'interprétations diverses, la vérité pure.

Le plus sage est sans doute de se rallier, avec le dernier Congrès de Berlin, aux conclusions prudentes du rapporteur, M. Imbeaux : « Dans certains cas, il peut y avoir avantage à ozoniser; dans d'autres, à filtrer. »

§ 2. — Les eaux d'égouts.

Dans la revue d'Hygiène de 1906, nous avons exposé le principe et les applications de la purification des eaux d'égouts par l'épuration biologique. Deux ans se sont écoulés, et, les discussions relatives à la supériorité de cette méthode sur celle de l'épandage agricole étant encore aussi vives, il est utile de revenir sur cette question.

En France, Calmette[1] a continué depuis 1904 ses recherches à la Station d'essai de la Madeleine. Le rôle des fosses septiques, dans lesquelles la fermentation anaérobie doit peptoniser et solubiliser les matières organiques, est très attaqué. La solubilisation est, en réalité, assez faible et le dépôt de boues si considérable qu'on peut les considérer surtout comme des bassins de décantation. A la Madeleine, malgré l'adjonction de fosses à sable, la quantité de boue dans les fosses septiques augmente chaque année, et Calmette est obligé de recourir à un dragage biannuel et de déposer les boues dans un bassin de terre.

En Amérique, partisans et adversaires de l'épuration biologique invoquent le travail très documenté de Johnson[2] sur le traitement biologique à Colombus (Ohio). En fait, dans cette dernière ville, sous prétexte que ces boues ne sont pas putrescibles, on s'en débarrasse, en temps de crue, par le déversement des fosses à la rivière.

En Angleterre, où les *septic tanks* ont été multipliés, on arrive à demander un séjour de vingt-quatre heures dans les fosses pour permettre aux anaérobies d'effectuer leur travail de décomposition. Cette longue durée de séjour implique une grande capacité des fosses; or, le but principal de l'épuration biologique réside dans l'économie du terrain. L'épuration est complétée par le passage en lits bactériens percolateurs, l'eau étant répartie en pluie ou en nappe mince et par intermittences à la surface d'un lit bactérien. D'après Calmette, les progrès accomplis dans les percolateurs permettent d'obtenir un rendement considérable, une épuration telle que, par mètre carré, on peut épurer 90 mètres cubes d'égouts, alors que dans les champs d'irrigation ce chiffre tombe à $2^m,3$. En substituant aux lits bactériens une colonne épuratrice constituée par un cylindre de 2 mètres rempli de scories, et en réglant l'arrivée de l'eau par égouttement, Rouchy[3] obtient une épuration rapide, mais le procédé n'a pas été appliqué en grand jusqu'ici. En Angleterre, les procédés d'épuration biologique sont en faveur.

En Allemagne, si nous en croyons le Rapport bien documenté d'Imhoff[4], l'enthousiasme est moins grand, et Dunbar, qui, le premier chez nos voisins, a conseillé l'expérimentation de ces procédés, arrive à recommander aux municipalités de bien voir si

[1] Baudet : Discussion à la Société de Médecine publique, 27 novembre 1907.

[1] Calmette : *Recherches sur l'épuration des eaux d'égout*, 3e volume. Masson, 1908.

[2] Johnson : *Report of Sewage Commission at Colombus*, 1905.

[3] Rouchy : L'épuration des eaux d'égout par colonne épuratrice. *Hygiène générale*, mai 1908.

[4] Imhoff : *Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland*, 1906.

Arnould : Épuration biologique des eaux d'égout en France. *Revue d'Hygiène*, fév. 1907. En Allemagne, mars 1907.

Digitized by Google

elles ne seraient pas en situation d'épurer leurs eaux d'égouts dans des champs d'irrigation avant de penser à les traiter par des lits bactériens.

Au Congrès d'Hygiène de Berlin, après une discussion très documentée, la proposition suivante a été votée : « Les nombreuses expériences faites au cours de ces quatre dernières années dans le domaine de l'épuration des eaux d'égouts ont montré qu'il n'existe pas de procédé qui puisse être indiqué d'une façon absolue comme le meilleur et le plus recommandable au point de vue économique. On peut obtenir des résultats satisfaisants quand on choisit judicieusement le procédé qui peut s'adapter aux conditions locales et qu'on en surveille l'application d'une façon sérieuse et constante. »

II. — Hygiène alimentaire.

§ 1. — Aliments provenant d'animaux tuberculeux.

Alors que Koch, au Congrès de Londres, soutenait que la tuberculose ne pénètre chez l'homme que par la voie respiratoire et que toutes les mesures prises contre l'ingestion d'aliments bacillifères (viandes ou lait) ne sont nullement justifiées, von Behring, à Cassel, en 1903, émettait l'opinion diamétralement opposée. La tuberculose pulmonaire de l'adulte ne serait, selon lui, que la manifestation tardive d'une infection intestinale contractée dans le jeune âge. Calmette et Guérin apportent à l'appui de cette opinion un certain nombre d'expériences et arrivent à cette conclusion, qui intéresse spécialement l'hygiène alimentaire: Le mode le plus habituel de contagion de la tuberculose est l'ingestion de bacilles frais et virulents en état d'émulsion fine, telle qu'elle existe dans le lait et dans les crachats.

Contre la théorie de la voie intestinale comme voie unique de pénétration du bacille tuberculeux, de nombreuses objections ont été élevées. En Allemagne, Flugge et ses élèves, en France, Arloing et presque tous les vétérinaires ont réclamé pour la voie respiratoire. Mais, comme le faisait remarquer Spronck, d'Utrecht, au Congrès de Berlin, les théories absolues, défendues avec acharnement à la Conférence de La Haye, ont fait place à plus d'éclectisme. Calmette ne conteste plus la possibilité de contaminer les animaux par inhalation, et, de son côté, Flugge fait une plus grande part qu'autrefois à la contagion par les voies digestives[1].

Quoi qu'il en soit, le lait bacillifère reste l'aliment dangereux, et Orth, de Berlin, a montré que l'introduction par voie rectale de bacilles émulsionnés dans le lait est bien plus souvent suivie de l'infection que si le bacille est en suspension dans une simple solution physiologique.

L'épreuve de la tuberculine, simplifiée encore par l'ophtalmo-réaction qui peut s'appliquer aux animaux, ne s'adresse qu'aux êtres vivants. Pour les bêtes abattues, il faut recourir à la nécropsie et aux coupes d'organes, opérations toujours longues et délicates. Martel[1], partant de cette idée que les lésions tuberculeuses du bœuf et du porc sont très souvent envahies par des dépôts calcaires, a mis à profit cette calcification pour rechercher, à l'aide des rayons Roentgen, les lésions discrètes dans les ganglions ; les résultats sont assez nets pour être encouragés. L'épreuve radioscopique paraît suffisante, et il n'est pas nécessaire de faire la radiographie. Malheureusement, les résultats négatifs ne permettent pas d'affirmer l'absence de tuberculose, puisque la réaction dépend uniquement de la calcification.

Si l'alimentation par des produits tuberculeux est réellement dangereuse, on ne saurait limiter la lutte contre la tuberculose à la protection de l'homme ; il paraît urgent d'empêcher la propagation de l'infection aux animaux, Bovidés et Porcins, qui contractent si facilement la tuberculose. Les statistiques allemandes montrent que 4 °/₀ des Porcs sont tuberculeux[2]; pour les Bovidés, les statistiques varient en France de 2 à 10 °/₀, en Norvège 4 °/₀, en Finlande 5 °/₀.

Le mode de propagation aux animaux paraît bien être la consommation du lait et des sous-produits de laiterie provenant de sujets infectés. La loi danoise de 1904, édictée suivant les conseils de Bang et qui prescrit la pasteurisation à 80° de tous les sous-produits, a déjà donné d'excellents résultats, le nombre des animaux réagissant à la tuberculose ayant diminué de 35 °/₀ depuis trois ans. L'épreuve contraire nous est fournie par les Etats-Unis et la Hollande. Dans ces contrées, l'alimentation des porcs se fait de plus en plus avec les sous-produits de la laiterie, lesquels ne sont l'objet d'aucune mesure sanitaire spéciale. Or, aux Etats-Unis, le pourcentage des porcs reconnus tuberculeux a quadruplé depuis cinq ans (Salmon) ; en Hollande, il a triplé (Directeur de l'Agriculture). Martel[3] demande que des mesures législatives, du genre de celles qu'a inspirées Bang, soient appliquées en France ou, tout au

[1] Landouzy : Sur les voies de pénétration de la tuberculose. *Revue d'Hygiène*, septembre 1907.
Conférence internationale de la Tuberculose. Vienne, 1907.
Congrès d'Hygiène de Berlin. Section I, 1907.
Conférence internationale de Washington, 1908.

[1] Martel : La radioscopie appliquée à l'inspection des viandes tuberculeuses. *C. R. Académie des Sciences*, 10 juin 1907.
[2] Ostertag : *Zeitsch. f. Fleisch und Milch-Hyg.*, 1907.
[3] Martel : L'assainissement des sous-produits de la laiterie. *Hygiène générale*, juillet 1908.

Digitized by Google

moins, que des primes soient accordées aux établissements de laiterie qui stérilisent les sous-produits.

§ 2. — Pain et Farines.

La falsification des farines se faisait jusqu'ici par l'adjonction, à la farine de froment, de farines de seigle ou de riz; mais, depuis deux ans, une falsification nouvelle a été introduite : celle du talc, du silicate de magnésie, que l'on rencontre en grande quantité dans les carrières de Luzenac (Ariège). En Allemagne, le talc est surtout utilisé pour lustrer les grains de riz; en France, il a été ajouté à la farine de blé dans la proportion de 5 à 8 °/₀. A ce taux, la panification n'est pas gênée et les consommateurs ne reconnaissent pas sa présence. En dehors de la tromperie sur la marchandise vendue, il y a lieu de penser que le talc insoluble peut, à la suite d'une absorption prolongée, exercer une action mécanique sur la muqueuse intestinale et entraîner des troubles d'absorption ou de secrétion de cette muqueuse[1].

La cuisson du pain assure-t-elle sa stérilisation? C'est là une question qui a souvent été discutée et qui a une importance extrême, le pain pouvant être contaminé par l'eau d'humectation (bacille typhique), par le mitron (tuberculose, scarlatine, diphtérie). Les recherches antérieures avaient montré que, surtout dans les pains de fantaisie, peu cuits, la mie n'était souvent portée qu'à 60°, qu'il n'y avait, par suite, pas de stérilisation. Dans le gros pain, la cuisson paraît plus complète. Balland admet que le milieu d'un « Boulot » est chauffé au-dessus de 100°. Roussel[2] a repris cette étude; mais, après avoir trouvé des indications thermométriques identiques à celles de Balland, il donne des résultats bactériologiques plus inquiétants : Des cultures très virulentes de bacilles tuberculeux, introduites au moment de la cuisson dans le milieu du boulot et réensemencées ensuite en milieu glycériné, puis injectées dans le péritoine de cobayes, ont infecté ces animaux. Quelque temps avant Roussel, Belli[3] avait trouvé qu'après cuisson convenable, mie et croûte sont stériles; si, dans quelques expériences, des germes pathogènes avaient résisté, le fait s'expliquait par les conditions exceptionnellement favorables où les microbes se trouvaient. Arnould, dans le même esprit, critique les expériences de Roussel, parce qu'il s'est servi de cultures, et qu'il a exalté encore leur virulence par des réensemencements; il n'en est pas moins vrai que le bacille tuberculeux peut résister dans le pain de munition, *a fortiori* dans le pain de fantaisie, et que la substitution des pétrins mécaniques aux bras de mitrons, trop souvent suspects de tuberculose, paraît être une mesure prophylactique qui s'impose. Précisément, une exposition de pétrins mécaniques, provoquée par la Société d'Hygiène alimentaire en juin 1908, a montré les progrès accomplis dans cette branche de la Mécanique et la possibilité pour les petits boulangers d'adopter ces appareils sans dépenses considérables.

§ 3. — Intoxications alimentaires.

Les accidents multiples, constatés surtout dans l'armée à la suite de l'ingestion de viandes malsaines, ont de nouveau appelé l'attention du public sur cette question. Au point de vue prophylactique, la mesure la meilleure est de renoncer aux adjudications avec rabais tels qu'il est impossible à un fournisseur consciencieux de livrer de la viande saine

La pathogénie des accidents, mieux étudiée depuis quelques années, a permis de rattacher à deux types assez distincts les accidents observés et de les répartir en deux groupes pathogènes :

Le *botulisme*, déterminé par le *Bacillus botulinus* de Van Ermangen, est surtout provoqué après l'ingestion de viande de conserve, le facteur morbigène étant alors la toxine elle-même plus que le microbe, qui peut avoir été tué par la cuisson seconde[1].

Le *paratyphisme*, ayant pour agent les bacilles paratyphiques, se rencontre essentiellement après la consommation d'animaux malades, surmenés et abattus clandestinement. L'infection paraît se faire par le sang : des viandes saines, manipulées dans un abattoir infecté, peuvent être infectées par simple contact[2].

Bien que cette opinion, défendue par Fischer[3], paraisse exagérée, il n'en est pas moins prudent d'éliminer des abattoirs toute bête en mauvais état de santé. C'est encore aux bacilles paratyphiques que Vagedes, Levy, en Allemagne, Netter et Ribadeau[4] en France, attribuent le rôle pathogène dans les empoisonnements par les gâteaux à la crème. La présence d'un sérum agglutinant avec les cultures

[1] E. Collin : Sur les farines talquées. *Revue scientifique*, 1907, t. II, p. 87.

[2] Roussel : Survivance des bacilles pathogènes dans le pain. *Revue de l'Intendance militaire*, 1907.

[3] Belli : Studio batteriologie del pane. *Giornale D. R. S. I. d'Igiene*, 1906.

[1] Lajeot et Haise : Épidémie par intoxication alimentaire. *Arch. médicales belges*, 1907.

[2] Haller : Bakteriol. Befünde bei einer Fleischvergiftung. *Centr. f. Bakt.*, janvier 1907.

[3] Fischer : Paratyphus et infections alimentaires. *Presse médicale*, février 1908.

[4] Netter et Ribadeau : Origine infectieuse des empoisonnements par les gâteaux à la crème. *Bulletin médical*, 1906.

Digitized by Google

du bacille de Gaertner a été constatée souvent; mais quel est, dans la confection du plat, l'ingrédient qu'il faut incriminer? La vanilline a été écartée, les accidents s'étant produits avec des crèmes au chocolat; les œufs ont été mis en cause par Carles et Metchnikoff, la gélatine par Sergent et Le Coq; enfin, le lait est surtout incriminé, et les recherches de De Morgan, montrant que l'intestin des Bovidés est riche en bacilles paratyphiques ou bacilles voisins, viennent confirmer cette opinion.

L'intoxication par les gâteaux à la crème a appelé l'attention sur l'intoxication possible par les œufs. Il existe, à l'heure actuelle, une industrie qui s'est développée considérablement dans ces dernières années : c'est l'importation des jaunes d'œufs liquides et conservés, de provenance asiatique. Ces œufs sont additionnés d'antiseptique et envoyés en barils, sous l'étiquette « à usage industriel », afin de ne pas payer de droits de douane. Si une grande partie est utilisée par la mégisserie, les biscuitiers, les boulangers et les pâtissiers achètent également ces produits et les incorporent à leur marchandise. Le Congrès d'Hygiène alimentaire de 1906 a demandé la dénaturation de ces œufs; le Conseil supérieur d'Hygiène, saisi de la question, n'a pas encore donné son avis. En Australie, la dénaturation est imposée depuis 1907, et l'Amérique, par sa loi sur : *Pure food*, est déjà protégée. En France, la loi sur la falsification des denrées alimentaires devrait suffire, si elle était appliquée.

Les accidents provoqués par l'ingestion des canards à la rouennaise paraissent bien se rattacher à la même étiologie, et le colibacille virulent trouvé par Rappin dans le caillot et les tissus du canard tué par piqûre du cerveau pourrait bien rentrer dans la catégorie, encore mal déterminée, des paratyphiques.

§ 4. — Intoxications arsenicales.

L'envahissement des vignobles du midi de la France et d'Algérie par les Altises et d'autres insectes a conduit les vignerons à utiliser des bouillies chargées de composés arsenicaux, et l'on peut évaluer à 1.500 grammes la quantité d'acide arsénieux déversé sur chaque hectare de vigne. Cazeneuve a plusieurs fois attiré l'attention sur le danger de cette utilisation en grand de l'arsenic; il y a trois mois encore, il communiquait à l'Académie de Médecine des analyses de vin dont la richesse en arsenic atteignait un dixième de milligramme par litre. Il n'est point prouvé qu'à cette dose l'acide arsénieux puisse être réellement dangereux; mais il paraît cependant utile, sans revenir à l'ordonnance de 1846 qui interdit la vente et l'emploi de l'arsenic, d'adopter l'opinion d'E. Roux[1], de Bertin-Sans et Roos[2] : interdiction de l'arséniate de plomb, dénaturation des produits arsenicaux et réglementation de la vente.

Si l'arsenic fait son apparition dans les vins, il tend à disparaître des glucoses, et c'est là un point important, car il a été signalé, il y a quelques années, des intoxications graves par des bières obtenues avec des glucoses arsenicaux, et l'emploi du glucose dans l'industrie alimentaire devient de plus en plus général. Borelli[3], en utilisant la méthode biologique de Gosio, culture du *Penicillum brevicante*, qui permet de déceler un centième de milligramme d'arsenic, a pu donner un brevet de pureté, au moins en ce qui concerne ce métalloïde, aux glucoses et aluns. Ce résultat est sans doute attribuable à la substitution de l'acide sulfurique obtenu par catalyse à l'acide fabriqué dans les chambres de plomb.

Une autre cause d'intoxication arsenicale, un peu problématique peut-être, a été signalée par Bonn et Rivière[4] de Lille : 15 °/₀ des chevaux livrés à la boucherie sont enphysémateux et ont été traités par l'acide arsénieux à haute dose, 1 gramme par jour. Or le foie de ces animaux peut renfermer jusqu'à 5 centigrammes d'acide arsénieux par kilogramme, et cette dose pourrait présenter quelques dangers. Les auteurs n'ont pas recherché l'arsenic dans les muscles; il est probable que la quantité qui s'y trouve est infinitésimale. C'est donc le foie seul dont il faudrait interdire la vente.

III. — Aération et ventilation.

§ 1. — L'air des habitations.

« La respiration de l'homme ne modifie pas d'une manière nuisible pour la santé la composition chimique de l'air d'un local clos. » Cette affirmation de P. Flügge, le professeur d'Hygiène de Breslau, qui s'est fait un nom en Bactériologie, ne sera pas sans étonner. Si le poison animal de Brown Séquard et d'Arsonval, l'anthropotoxine de Wurtz n'ont pu être retrouvés par Giliberts et Alessi, Rauer, Formaneck, tous les hygiénistes s'accordent pour reconnaître l'action délétère exercée par les produits de la respiration, et, en l'absence d'autres méthodes de mesure, tous s'accordent pour reconnaître, avec Pettenkoffer, le dosage de l'acide carbonique de l'atmosphère comme indice de la viciation de l'air. L'indice varie suivant que l'homme seul est cause de la viciation, ou que des foyers de

[1] Roux : Conseil d'Hygiène de la Seine, novembre 1906.
[2] Bertin-Sans et Roos : L'emploi de l'arsenic en agriculture, ses dangers. *Revue d'Hygiène*, mars 1907.
[3] Borelli : L'arsenico nei glucosi italiani. *Rivista d'Igiene*. 1906.
[4] Bonn et Rivière : L'arsenic dans le foie des chevaux emphysémateux. *Revue d'Hygiène*, 1907.

Digitized by Google

combustion ou d'éclairage contribuent à l'altération. Au Congrès de Bruxelles, on a accepté pour les ateliers le chiffre maxima de 12 dix-millièmes d'acide carbonique dans le premier cas, et de 20 dix-millièmes dans le second. Les travaux des industriels anglais du Home Office, du Syndicat cotonnier de l'Est de la France ayant montré qu'une ventilation convenable permet d'abaisser l'indice à 9 dix-millièmes dans la journée (sans éclairage), la Commission d'Hygiène industrielle a fixé à un millième l'indice légal [1].

Les expériences de Flügge et de ses élèves Ercklentz, Paul, Heymann, poursuivies sur eux-mêmes, tendraient à établir que, dans un milieu clos, cage de verre de 3 mètres cubes, le sujet n'éprouve aucun trouble quand l'acide carbonique atteint 1 °/₀, mais que tout change quand la température et l'humidité s'accroissent. A 26° avec un état hygrométrique moyen, à 21° avec une tension de vapeur voisine de la saturation, les malaises éclatent rapidement. Pour empêcher l'apparition des symptômes morbides, il suffit de brasser l'air dans la cage sans le renouveler. Les conclusions pratiques de Flügge [2] sont intéressantes à signaler : La ventilation est sans objet; elle est inutile le plus souvent, nuisible quelquefois; c'est contre l'élévation thermique et hygrométrique du milieu ambiant qu'il faut lutter.

Wolpert, Rubner, en Allemagne, ont protesté énergiquement contre cette opinion paradoxale d'un bactériologiste égaré dans le domaine de la Physiologie. Si l'acide carbonique n'est qu'un indice de viciation et ne saurait être incriminé par lui-même, il n'en est plus de même de l'oxyde de carbone. Dans les grandes villes, on peut admettre que la population est, au moins pendant l'hiver, dans un état d'intoxication chronique par l'oxyde de carbone, et, à la Société de Médecine publique, où cette question est venue à l'ordre du jour, Rey [3] a pu affirmer que rien n'améliore autant la santé familiale que lorsque la température extérieure s'élève, entraînant l'extinction totale de tous les moyens de chauffage des immeubles. Les causes d'intoxication sont, en effet, multiples : les calorifères à air chaud, dont l'usage devrait être rigoureusement proscrit suivant le vœu de cette Société; les fissures des cheminées, d'autant plus dangereuses que l'on utilise dans l'immeuble des poêles à combustion lente. Ces fissures paraissent s'être multipliées dans ces dernières années; elles se présentent très fréquemment dans les maisons neuves, et Rey explique ces fissures par les tractions produites par la flexion des planchers; le remède, d'après lui, serait d'établir, autour de la conduite de fumée, une colonne de soutien, destinée à absorber l'effort de traction, opinion discutée, d'ailleurs, par un autre architecte spécialisé dans la question, Vaillant. Enfin, une troisième cause d'intoxication réside dans l'empoisonnement chronique par le gaz d'éclairage, cause prédisposante de la tuberculose (Letulle, Besnier [1]) et qui devient d'autant plus menaçante que l'addition au gaz d'éclairage ordinaire de gaz à l'eau augmenterait dans des proportions énormes l'oxyde de carbone.

§ 2. — L'Hygiène du Métropolitain.

Si l'installation de lignes métropolitaines souterraines répond à une nécessité incontestable dans les grandes agglomérations à circulation intense, au point de vue de l'hygiène ce système de locomotion présente des inconvénients réels [2]. L'absence totale de lumière solaire, le grand désinfectant, met les voies et les véhicules du Métropolitain dans des conditions particulièrement favorables au développement des microbes pathogènes, et l'encombrement, qui atteint le maximum réalisable de compressibilité d'une foule à certaines heures, multiplie les contacts dangereux [3].

La teneur en acide carbonique de l'air respirable étant considérée comme l'indice de la viciation, il était intéressant d'étudier méthodiquement les variations de cet air; c'est ce qu'ont fait Gréhant, d'une part, et Pecoul et Lévy [4] d'autre part.

Rappelons que la Commission d'Hygiène industrielle, discutant la ventilation des ateliers, a déclaré, après le Rapport de Pottevin [5], qu'une atmosphère renfermant un millième d'acide carbonique d'origine respiratoire est insalubre. Or, ce chiffre est toujours dépassé sur la ligne n° 1, Vincennes-Porte-Maillot.

Une étude intéressante est celle de la ligne n° 3, de l'avenue de Villiers à la place Gambetta, dont le trafic s'est brusquement accru en 1907 par suite de l'ouverture de la ligne n° 5, circulaire sud prolongée :

1905 : 80 litres d'acide carbonique par 100m³ d'air.
1906 : 67 litres.
1907 : 107 litres.
— 144 litres (station des Arts-et-Métiers).

[1] Leclerc de Puligny : Hygiène industrielle. *Traité d'Hygiène*, t. VII, 1908.
[2] Flügge : Ueber Luftunreinigung in geschlossenen Raumen. *Zeitsch. f. Hyg. und Infekt.*, t. XLIX, 1905.
[3] Rey : Société de Médecine publique, janvier 1907.

[1] Besnier : Les intoxications chroniques par le gaz d'éclairage. *Thèse*, 1906.
[2] Tierry : Étude sur le Métropolitain de Paris. Paris, 1907.
[3] Birault : Ventilation des tunnels. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, janvier 1907.
[4] Albert Lévy et Pecoul : Les tunnels et les voitures du Métropolitain. *Annales de l'Observatoire municipal*, 1907, p. 34.
[5] Pottevin : Rapport à la Commission d'Hygiène industrielle, mai 1906.

Digitized by Google

La quantité de vapeur d'eau provenant de la respiration suit la même marche ascensionnelle, et ce sont précisément les trois facteurs : altération gazeuse, humidité et température trop élevée (25° en été, 20° en hiver), qui provoquent cet état de malaise ressenti par les voyageurs du Métropolitain.

Si ces derniers restent peu de temps dans les voitures, il n'en est pas de même des employés, qui y séjournent huit et neuf heures par jour. La ventilation produite par le passage des trains est insuffisante : c'est simplement un brassage d'air vicié qui se produit, et les courants d'air que l'on sent à la sortie de certaines stations sont sans effet sur la composition de l'air et sa température dans le tunnel.

Une aération méthodique par un système de ventilation artificiel est indispensable. Thierry demande, en outre, que l'on fasse passer, pendant les heures d'interruption du service, des pulvérisateurs à traction et à fonctionnement électriques qui précipiteraient les poussières et abaisseraient la température des souterrains. Dans les lignes à circulation intensive et à certaines heures de la journée, nous demanderions que ces pulvérisateurs soient intercalés toutes les heures entre deux rames ou même, pour ne pas gêner le trafic, rattachés à une rame.

Enfin, le deuxième réseau n'étant pas encore achevé, il serait bon de renoncer au ballast, excellent sans doute pour les lignes aériennes, bien ensoleillées, mais qui, dans les lignes souterraines, est le réceptacle de toutes les poussières. Thierry demande que le radier soit couvert d'une asphalte pouvant être quotidiennement lavée à grande eau.

IV. — Hygiène de la marine marchande.

« Partout, en ces dernières années, on a réglementé les choses de l'Hygiène, et la loi française de 1902 est devenue notre charte sanitaire. Mais, chose étrange, son action ne saurait dépasser la bordure d'un quai. Rien, dans notre législation, n'a trait à l'hygiène de la marine marchande ; personne n'a entrevu que, sur nos grands navires de commerce, il y a un atelier et une habitation en commun ».

Ces critiques sévères de Chantemesse, inspecteur général des Services sanitaires, étaient justifiées quand elles furent écrites ; mais, au moment même où paraissait son ouvrage, le Parlement se décidait enfin à voter la loi sur la marine marchande, et le Conseil supérieur de la Navigation maritime était saisi d'un projet de réglementation sur le travail et la sécurité à bord. Après de longues discussions, le projet, légèrement transformé, fut envoyé au Conseil d'Etat. Les médecins du Conseil supérieur, Bertrand, Chantemesse et Langlois, n'ont pas obtenu toutes les mesures d'hygiène qu'ils réclamaient ; néanmoins, il y a un progrès effectif réalisé.

Le mal était profond. Les conditions d'hygiène de nos marins naviguant au commerce étaient épouvantables, et, dans une série d'études très instructives, le danger a été signalé.

Vigné, médecin sanitaire maritime, après avoir constaté que, dans la marine de guerre, c'est depuis 1900 seulement que l'on peut connaître les ravages causés par la tuberculose, signale l'absence de toute statistique médicale dans la marine de commerce. Mais, de l'avis unanime des médecins embarqués, la maladie est fréquente, et il ne saurait en être autrement quand on sait le volume d'air réservé aux hommes d'équipage : dans nos paquebots les plus luxueux, il est réduit à $1^{m^3},500$ (Vigné)[1]. Ce cubage si réduit n'est même point compensé par une certaine ventilation.

« Presque toujours, pour ne pas dire toujours, la ventilation est, dans l'installation du navire, la partie la plus défectueuse. Nulle part elle ne fonctionne bien (Thierry)[2]. Les couchettes des hommes sont superposées au nombre de trois. Enfin, la ration alimentaire, établie sur l'équivalent de la ration du marin d'Etat, n'est nullement surveillée, et, si la quantité répond encore au décret-loi de 1852, la qualité fait trop souvent défaut, principalement à bord des voiliers et surtout des goëlettes de la grande pêche[3]. Dupuy[4], directeur de la Santé à Saint-Nazaire, a écrit récemment l'histoire navrante d'un voilier français dont l'équipage fut décimé par le béri-béri nautique, par suite d'une alimentation défectueuse.

Un mouvement général s'est d'ailleurs manifesté dans tous les pays pour apporter plus d'hygiène dans la vie à bord. La loi allemande date de 1905. L'Angleterre, par un bill de 1906 inspiré par M. Lloyd George, a modifié les *Merchant shipping Acts* de 1894 et de 1901. Enfin, la France a voté la loi de 1908.

En ce qui concerne le cubage de place, la loi allemande exige 3 mètres cubes et $3^{m^3},500$, suivant que le poste est au-dessus ou au-dessous du pont ; la loi anglaise 72 pieds cubes, soit 2 mètres cubes ; mais, en réalité, les armateurs accordent 120 pieds cubes, soit $3^{m^3},500$. L'article 67 du règlement français de 1908 donne également $3^{m^3},500$, et, en déduisant les tables et sièges, $2^{m^3},150$ d'air respirable

[1] Vigné : Prophylaxie de la tuberculose dans la marine marchande. *Hygiène générale*, p. 129 et 202, 1907.

[2] H. Thierry : L'Hygiène à bord. *Congrès international d'assainissement*, Paris, 1904.

[3] Langlois : Le régime alimentaire des marins du commerce. *Congrès d'Hygiène alimentaire*, 1906.

[4] Dupuy : Relation du voyage de la *Jeanne-Quillon* de Nantes. *Hygiène alimentaire*, p. 512, 1906.

Digitized by Google

par homme. Les hygiénistes avaient demandé 3 mètres cubes comme chiffre minima, et c'est avec difficulté qu'ils ont obtenu l'interdiction des trois couchettes superposées, alors que cette interdiction existait déjà pour les émigrants.

L'hôpital est enfin prévu sur les navires à passagers; mais ici encore, au lieu des 6 mètres cubes réclamés, nous n'obtenons que 4 mètres cubes, et il n'existe qu'une seule pièce d'isolement, représentant le quart des lits disponibles, alors que la multiplicité des cabines d'isolement s'imposait[1].

Au Congrès de Berlin, Richelot[2] réclamait comme coefficient de ventilation pour l'équipage 20 mètres cubes par heure et, pour les ambulances, 75 mètres cubes. Ce chiffre sera difficilement atteint avec les 4 mètres accordés, puisqu'il faudrait renouveler vingt fois l'air par heure, ce qui est excessif pour une pièce recevant des malades.

Nous ne pouvons nous étendre plus longtemps sur les dispositions de la loi nouvelle : réglementation du travail à bord, surveillance des installations. Malheureusement, nous pouvons encore emprunter l'expression, citée plus haut, de Chantemesse : la surveillance est limitée non au quai, mais au navire à quai; une fois en mer, il n'y a plus de contrôle, le seul agent susceptible d'exercer ce contrôle, le médecin, embarqué sur les navires avec effectif d'au moins cent personnes, restant l'agent salarié et révocable des Compagnies.

Dans le projet de Chantemesse sur la police sanitaire maritime, il est bien énoncé que tout capitaine ou représentant de compagnie, convaincu de s'être privé des services d'un médecin sanitaire parce que ce médecin aurait fait, en toute sincérité, les déclarations réglementaires, tombe sous le coup de la loi de 1823; mais cette disposition, qui n'est encore qu'à l'état de projet, ne vise que la protection contre les maladies exotiques : c'est un cas particulier.

V. — Police sanitaire.

La lutte contre les maladies exotiques subit nécessairement les influences de l'évolution continuelle de nos connaissances épidémiologiques. Depuis la Convention de Paris, qui, réunie en 1904, n'a été, en réalité, adoptée qu'en 1907, les Etats européens ont modifié leurs mesures protectrices contre les trois grandes maladies exotiques : le choléra, la peste et la fièvre jaune, et il est d'autant plus intéressant de signaler les idées actuelles que ces trois fléaux sont plus que jamais menaçants.

1. *Choléra.* — Le choléra est toujours à redouter : l'épidémie, comme une sorte de vague, suivant l'expression de Chantemesse, subit chaque année un mouvement de flux et de reflux. En 1906, il traverse toute la Russie et pénètre jusqu'au cœur de l'Allemagne; arrêté enfin par les énergiques mesures sanitaires des autorités allemandes, il repasse la frontière russo-allemande et reste confiné dans les provinces méridionales de la Russie en 1907. Mais, en 1908, il parcourt de nouveau l'Empire russe et, en moins de trois mois, occasionne plus de cinq mille décès avoués. La France s'inquiète devant l'épidémie de Saint-Pétersbourg, et prend des mesures de défense à sa frontière.

Mais ces mesures doivent s'appuyer sur une conception rationnelle de l'épidémiologie. Or, à l'heure actuelle, les données nouvelles sont plutôt déconcertantes.

On s'accorde à reconnaître que les marchandises sont rarement à redouter, que l'homme est l'agent direct du transport. Mais, et c'est ici que le problème se complique, ce n'est plus seulement le sujet malade, déjà présentant les symptômes de la maladie, qui est à craindre; c'est encore le sujet sain en apparence et qui porte dans son intestin, sans en être incommodé, le terrible bacille virgule. Le microbisme latent du choléra, déjà signalé par Borel en 1902 quand il était médecin sanitaire à Djeddah, est aujourd'hui démontré par les recherches de Golschlich, Gaffky, Kohler, Kolle, Meinicke, etc. Tout individu ayant passé dans un pays infecté peut devenir le véhicule inconscient du bacille cholérique. Ses déjections sont infectées de bacilles, alors que lui, grâce à une immunité soit permanente, soit temporaire, reste indemne. Pendant la traversée maritime, cet individu n'est pas dangereux; le *tout à la mer* est pratiqué exclusivement à bord; mais, arrivé à terre, il devient une cause de dissémination redoutable.

Rien aujourd'hui ne nous permet d'affirmer la durée de ce microbisme latent : plusieurs mois peuvent s'écouler sans que les germes disparaissent de l'intestin. Que faire contre ce voyageur, bien portant, arrivant d'un pays infecté jadis, mais où il n'y a plus d'épidémie depuis un an, comme c'était le cas des pèlerins du Hedjaz de 1905?

On ne peut songer à l'isoler dans un lazaret, même après constatation de la présence du bacille. Il y a une limite à toute mesure quarantenaire!

Le problème de la défense de l'Europe contre le choléra, loin de s'éclaircir, devient plus obscur encore, et, si nous considérons que la mise en service de la ligne de chemin de fer du Hedjaz diminuera encore les parcours entre les foyers endémiques et l'Europe, on comprend le rôle de

[1] Projet de règlement sur la sécurité de la navigation maritime, prévu par la loi du 17 avril 1907 et juin 1908.

[2] Hullmann, Goos, Richelot : *Hygiène navale.* Congrès de Berlin, 1907.

Digitized by Google

Cassandre que, depuis deux ans, notre inspecteur sanitaire, le Professeur Chantemesse, a dû reprendre. Contre le choléra, c'est avant tout dans les mesures d'hygiène générale qu'il faut chercher la prophylaxie.

2. *Peste.* — Si nous nous trouvons désarmés dans la lutte directe contre le choléra, par contre les travaux les plus récents montrent que, vis-à-vis de la peste, nous pouvons mieux nous défendre, en Europe du moins. La Commission de Bombay, qui a trouvé dans les Indes un champ trop riche d'observations, arrive à cette conclusion très nette que la puce, notamment la puce du rat, *Pulex Cheopis*, est l'agent presque exclusif du transport de la peste : pas de puces de rat, pas de peste.

Dans une salle de pestiférés bien tenue, il n'y a jamais de cas intérieur, si bien qu'aux Indes le dicton court « qu'une salle de pestiférés est, en temps d'épidémie, l'endroit qui offre le plus de garantie ».

La transmission de la peste par la puce de l'homme (*Pulex irritans*) est théoriquement possible, et elle a été réalisée expérimentalement; mais pratiquement elle est très rare, surtout parce que le bacille de Yersin ne circule pas en quantité sensible dans le sang humain.

Mais les travaux poursuivis aux Indes ont montré, et c'est là le danger, que la puce des rats peut vivre longtemps sans son hôte, cachée dans les effets, les ballots de marchandises, et garder en elle le virus pesteux avec toute son activité.

Toutefois, il est plus facile d'atteindre la puce pesteuse que l'homme en état de microbisme latent du choléra. Le soufre, brûlé à haute dose et dans des conditions favorables, peut suffire pour défendre le territoire continental.

3. *Fièvre jaune.* — C'est encore le soufre qu'il faut faire intervenir dans la défense contre la fièvre jaune, et c'est parce que notre Administration sanitaire a été absolument insuffisante que nous avons pu enregistrer, en 1908, une véritable épidémie de fièvre jaune à Saint-Nazaire.

Les Républiques américaines, dans une série de Conférences, ont établi des règles précises et rigoureuses pour protéger leurs ports contre le *Stegomya fasciata*, le moustique porteur du microbe encore inconnu de la fièvre jaune. La sulfuration des marchandises, l'isolement des malades sont rigoureusement appliqués.

En France, on manque d'acide sulfureux liquide quand un navire suspect arrive, et on laisse les moustiques enfermés dans les cales du navire se promener en rade. C'est la répétition de l'épidémie de 1861, avec aggravation du nombre des cas mortels.

Et cependant, dans une étude parue cinq mois avant l'épidémie, M. Chantemesse avait réclamé contre la fièvre jaune des mesures rigoureuses, entre autres la sulfuration imposée à tout navire provenant, depuis moins de quinze jours, de pays infectés[1].

Dr J.-P. Langlois,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris

[1] *Bulletin quarantenaire d'Egypte*, 1905-1908, nombreux Mémoires. — Chantemesse et Pomes : Batellerie fluviale et santé publique. *Rev. gén. d'Hyg.*, p. 449, 1908. — Remlinger : Les nouvelles conditions sanitaires du pèlerinage musulman. *Rev. gén. d'Hyg.*, p. 518, 1908. — Reports on Plague investigation in India, etc. *The Journal of Hygiene*, t. VII, no 6, 1908.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Teixeira (Gomès), *Directeur de l'Académie polytechnique de Porto.* — **Traité des Courbes spéciales remarquables planes et gauches.** (**Œuvres mathématiques.** *Tome IV.*) — 1 *vol. in-4° de* 391 *pages. Imprimerie de l'Université. Coïmbre*, 1908.

Cet ouvrage est la traduction française, revue et très augmentée, de la première partie d'un Mémoire publié en langue espagnole en 1897 et couronné en 1899 par l'Académie des Sciences de Madrid; il répond à un programme proposé par cette Académie, et renferme une étude détaillée des courbes les plus connues, classées méthodiquement, avec de nombreuses indications historiques et bibliographiques. On a souvent signalé la nécessité d'un tel travail; celui-ci est le premier en date, et l'un des plus importants et des plus complets.

M. Gomès Teixeira a étudié à peu près toutes les courbes connues et importantes par leur théorie, leurs applications ou leur histoire, en laissant naturellement de côté les coniques, auxquelles tant de traités spéciaux ont été consacrés. Ce volume traite d'abord des cubiques, puis des quartiques, circulaires, bicirculaires, ou ayant des noms spéciaux, et enfin des courbes algébriques planes de degré supérieur, telles que : courbe de Watt, développées des coniques, scarabée, toroïdes, etc. Un autre volume en français sera consacré à la seconde partie du Mémoire, qui traite des courbes transcendantes, des familles telles que les courbes cycloïdales qui sont tantôt algébriques, tantôt transcendantes, et enfin des courbes gauches; tous ces sujets sont déjà étudiés dans l'édition espagnole du Mémoire couronné.

Ainsi qu'il nous en avertit dans la préface, l'auteur examine pour chaque courbe la forme, la construction, la rectification, la quadrature, les propriétés, et enfin l'histoire de la courbe; il considère les relations de cette courbe avec les autres, les problèmes où elle intervient, etc... ; les auteurs de chaque question considérée sont mentionnés, toutes les fois que cela a été possible. C'est ainsi, par exemple, qu'à propos des cubiques circulaires, nous trouvons, avec les monographies des plus célèbres d'entre elles, une étude d'ensemble de leurs propriétés focales, de leurs anallagmaties et des modes de génération qui en résultent, des problèmes variés auxquels donna lieu leur rectification, etc... Il serait beaucoup trop long d'entrer ici dans le détail des nombreuses propriétés des courbes rassemblées dans cet ouvrage, dont il convient de louer la richesse et l'élégance. Le livre de M. Teixeira rendra de grands services, tant à cause de la multitude de renseignements qu'il renferme que de l'originalité des aperçus et des méthodes; de plus, beaucoup de propriétés qui y sont signalées sont inédites et ont été découvertes par l'auteur : elles ajoutent encore à l'intérêt de l'œuvre.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

Gauss. — **Theoria Motus Corporum cœlestium in sectionibus conicis Solem ambientium.** — 1 *vol. in-4° de* 650 *pages, nouvelle édition.* (*Prix* : 37 *fr.* 50.) *Teubner, éditeur. Leipzig*, 1908.

La publication des Œuvres complètes de Gauss, commencée il y a une trentaine d'années, est sur le point d'être terminée. Le dixième volume, le seul encore en préparation, ne tardera plus désormais à voir le jour. Avant d'y mettre la dernière main, le Comité scientifique, chargé de diriger et de surveiller l'impression des travaux du grand géomètre de Göttingue, a jugé à propos de reviser et de rééditer le « Theoria Motus », tome VII de la collection, déjà paru en 1871.

Le nouveau volume, sorti des presses allemandes dans le courant de l'année 1906, ne consiste pas en une reproduction pure et simple de l'ancienne édition. Il comprend, comme son aîné, les travaux de Gauss sur le mouvement d'une planète autour du Soleil, considéré dans son orbite et dans l'espace. On y retrouve aussi l'exposé des méthodes servant à calculer les éléments elliptiques d'un astre nouveau, en partant de trois observations complètes ou de quatre incomplètes, méthodes dont la perfection n'a jamais été dépassée, et celles qui permettent de trouver les éléments répondant le mieux à un nombre quelconque d'observations. Mais ces questions forment la matière de la moitié seulement du nouveau « Theoria motus », qui s'est enrichi de Notes choisies dans les Œuvres posthumes de Gauss, de ses travaux sur le mouvement parabolique, de ses recherches concernant les perturbations de Cérès et surtout de Pallas, dont il ne cessa de s'occuper plus de vingt années durant et dont la théorie, qui présente des difficultés particulières à cause de la grandeur de l'inclinaison et de l'excentricité, continue toujours à exercer la sagacité des astronomes.

L'intérêt qui s'attache à ces derniers travaux du célèbre géomètre allemand ne réside pas seulement dans les résultats obtenus en eux-mêmes, résultats parmi lesquels on doit citer certaines conséquences de la commensurabilité très approchée des moyens mouvements de Pallas et de Jupiter. Encore est-il fort curieux de constater que les procédés mis en œuvre pour évaluer les perturbations de Pallas présentent d'étroites analogies avec la méthode de calcul que Hansen développa longtemps après l'époque à laquelle remontent les recherches inédites de Gauss.

L'intérêt de l'ouvrage est rehaussé par la publication de la correspondance scientifique de Gauss avec Olbers, Bessel, Encke, Nicolaï, etc.

Le volume se termine par un chapitre consacré à la théorie du mouvement du monde, analogue à celle de Laplace.

Maurice Hamy,
Membre de l'Institut,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

2° Sciences physiques

Hildebrandsson (Hildebrand), *Professeur à l'Université royale et Directeur de l'Observatoire météorologique d'Upsal*, et **Teisserenc de Bort** (L.), *Directeur de l'Observatoire de Météorologie dynamique de Trappes.* — **Les bases de la Météorologie dynamique. Historique, état de nos connaissances.** — 2 *vol. in-8° avec planches* : 3e *livraison* (*fin du t. I*), 8e *livraison* (*fin du t. II*). *Gauthier-Villars, éditeur. Paris*, 1908.

Nous avons entretenu les lecteurs de la *Revue* de l'apparition des premières livraisons de cet ouvrage magistral[1], qui aura au moins trois volumes et dont deux volumes sont aujourd'hui complets.

Le 3e fascicule, qui achève le tome I, s'occupe de la distribution moyenne des éléments météorologiques à « la surface du globe ». Cette étude n'est pas faite ici au point de vue climatologique; mais, la connaissance de la distribution des éléments météorologiques « étant nécessaire pour l'étude de plusieurs des phénomènes

[1] *Rev. gén. des Sc.*, 1904, p. 514, et 1906, p. 611.

Digitized by Google

les plus importants de la Météorologie dynamique, il est utile de donner un aperçu historique succinct des principaux travaux qui ont conduit à la construction des cartes indiquant la répartition, à la surface du globe, des éléments météorologiques ». Les auteurs publient des spécimens de ces cartes, d'époques différentes, pour montrer les étapes par lesquelles on est arrivé à l'état actuel de nos connaissances, et le fascicule ne contient pas moins de *soixante* planches hors texte (planches 23 à 82), quelques-unes d'entre elles étant composées de plusieurs cartes. Cette partie du premier volume, comme tout le premier volume lui-même, offre un intérêt historique et documentaire absolument exceptionnel.

Le dernier fascicule du second volume aborde l'étude d'un sujet capital pour la Météorologie dynamique. Dans les précédentes livraisons, on avait étudié la distribution des éléments météorologiques autour des maxima et des minima barométriques. Ici, l'on discute les résultats des mesures internationales de nuages poursuivies en 1896-97, au point de vue de la hauteur et de la vitesse des divers nuages; et l'on s'appuie sur ces données pour étudier la circulation de l'air autour des minima et des maxima, aux diverses hauteurs au-dessus du sol. Un chapitre contient le résumé des recherches nouvelles de Hildebrandsson sur la formation des dépressions satellites à côté des dépressions principales. Nulle part ailleurs on ne trouve mieux mis au point l'état de nos connaissances sur « l'évolution » des dépressions barométriques.

BERNARD BRUNHES,
Directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme.

Brochet (André), *Docteur ès Sciences, chargé des Conférences et des Travaux pratiques d'Électrochimie à l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.* — **Manuel pratique de Galvanoplastie et de dépôts électrochimiques**, *avec préface de* M. HALLER, *de l'Institut.* — *1 vol. in-16, de 416 pages et 148 figures, de l'Encyclopédie industrielle.* (*Prix* : 5 *fr.*) *Baillière et fils, éditeurs. Paris*, 1908.

« Toute industrie, quelle qu'elle soit, est contrainte de se retremper, de temps à autre, aux sources pures de la Science dont elle dérive, si elle ne veut pas s'égarer dans les voies toujours tentantes de l'empirisme. » M. le Professeur Haller ne pouvait pas mieux commencer la préface de l'excellent Manuel de M. Brochet. Les Traités de Galvanoplastie sont, en général, des amoncellements de formules et de recettes qu'un grand nombre de praticiens ont compliquées comme à plaisir, soit pour se donner l'air d'avoir trouvé des bains nouveaux, soit parce que la complication leur semble inséparable du perfectionnement.

Il était temps de mettre de l'ordre dans cette confusion. M. Brochet l'a fait en pédagogue avisé et en savant praticien. Il a ramené les formules à quelques types dont il discute les teneurs, au point de vue chimique, en examinant l'influence de chaque constituant; au point de vue physique, en donnant la conductibilité et la densité des bains. M. Brochet, pour faire ce travail, a pris la peine de déterminer un certain nombre de constantes physiques qui n'avaient pas été prises avant lui.

L'ouvrage comprend des notions générales d'Electricité théorique et pratique que les galvanoplastes ne devraient jamais perdre de vue. La théorie de la dissociation électrolytique y est sommairement exposée avec les principales réactions électrochimiques.

L'auteur a su recueillir, auprès de nombreux praticiens, des données pratiques de premier ordre.

Les procédés de dosage nécessaires à la conduite des bains sont décrits dans ce qu'ils ont d'essentiel.

En résumé, l'ouvrage de M. Brochet, non seulement renferme les éléments nécessaires à la bonne conduite des opérations, mais il est fait pour orienter les chercheurs en quête de procédés nouveaux.

AUGUSTE HOLLARD,
Chef du Laboratoire central
des Usines de la Cie française des Métaux.

3° Sciences naturelles

Gautier (E.-F.), *Chargé de Cours à l'Ecole supérieure des Lettres d'Alger.* — **Sahara algérien.** — *1 vol. in-8°, de x-371 pages, avec 61 figures dans le texte, 4 cartes hors texte et 96 photocollographies.* (*Prix* : 15 *fr.*). *A. Colin, éditeur. Paris*, 1908.

Les lecteurs de cette *Revue* connaissent déjà le beau Mémoire que M. Gautier a consacré à la géographie physique de Madagascar et qui lui a servi de thèse de doctorat. Ce livre porte la date de 1902. Or, cette même année, l'infatigable voyageur inaugurait une série de campagnes scientifiques au Sahara, qui se prolongèrent jusqu'en 1905. C'est ainsi qu'il étudiait successivement la région de l'Oued Saoura, le Gourara, le Touat, le Tidikelt, le Mouydir-Ahnet, le Hoggar et gagnait Tombouctou par Gao. Pendant ce temps, M. Chudeau, qui l'avait rejoint à Taourirt, au mois de mai 1905, explorait le Hoggar, l'Aïr, et poussait jusqu'au Tchad avant de rentrer en Europe. Est-il besoin de dire que dans ce voyage, qui eût paru fantastique il y a quelques années seulement, ces deux savants firent une ample moisson de faits nouveaux? Diverses Notes nous ont déjà fait connaître une partie de ces faits, mais il était bon qu'ils fussent condensés en un ouvrage général. Sans attendre celui-ci, la Société de Géographie a tenu à récompenser les vaillants explorateurs; c'est ainsi qu'elle décerna à M. Gautier, en 1906, le prix Duchesne-Fournet, destiné à l'explorateur français qui a fait le voyage le plus important pour le progrès de la science géographique ou le plus utile à l'extension de notre territoire colonial; l'année suivante, M. Chudeau recevait une récompense analogue.

Il se trouve que M. Gautier a particulièrement étudié le Sahara algérien, M. Chudeau le Sahara soudanais; aussi chacun d'eux s'est-il chargé de décrire le pays qu'il connaît le mieux. Au surplus, cette division du Sahara, sans être rigoureuse, n'est pas entièrement arbitraire, car la limite est bien nette, au point de vue géologique, entre le Sahara du Nord, gréseux et calcaire, et le Sahara central (Hoggar et Tanezrouft), avec ses roches métamorphiques, archéennes et éruptives. Les formations quaternaires sont également différentes dans les deux parties du Sahara, et de leur étude se dégage cette constatation importante et tout à fait nouvelle que, dans le Nord, le désert a succédé à la steppe; dans le Sud, la steppe au désert.

Examinons donc d'un peu plus près le volume consacré par M. Gautier au Sahara algérien, sans attendre le complément qui, d'ailleurs, ne va pas tarder à paraître. L'ouvrage débute par un chapitre d'Onomastique, qui sera utilement consulté par tous les géographes. Beaucoup de ces vocables géographiques arabes nous étaient déjà connus, mais M. Gautier a bien fait de les définir de nouveau, d'autant que certains termes ont au Sahara un sens légèrement différent de ceux qu'ils reçoivent généralement en Algérie ou en Tunisie. D'ailleurs, M. Gautier ne se borne pas à les définir : il nous en donne des exemples frappants, grâce à un emploi large et judicieux de la photographie.

Le deuxième chapitre a pour titre : les oueds et les dunes. Il renferme, tout d'abord, une véritable monographie d'un oued quaternaire : l'oued Messaoud. Il est évident que le régime des cours d'eau s'est profondément modifié dans un sens péjoratif à une époque très rapprochée de nous, depuis l'ère chrétienne. C'est là un fait incontestable, alors même qu'on n'admettrait pas les traditions indigènes d'après lesquelles les ksars du Touat auraient communiqué entre eux par eau, à l'aide de barques.

Un des faits les plus nets mis en évidence par M. Gautier est la relation constante entre les grandes masses de dunes et les tronçons du réseau quaternaire sous-jacents; cela explique, du même coup, pourquoi l'erg est beaucoup moins pauvre en eau que la

Digitized by Google

hammada. Au total, l'érosion éolienne paraît avoir eu un rôle assez faible; le vent n'a guère fait que remanier sur place des alluvions fluviatiles. Néanmoins, ce remaniement peut avoir une grave répercussion sur le régime des cours d'eau, et il semble bien l'avoir eue; c'est à lui qu'est dû le desséchement progressif du Sahara, bien plus qu'à une modification du climat, du moins pour l'époque historique.

Il est donc manifeste qu'à l'époque quaternaire le pays était profondément différent de ce qu'il est maintenant. Le puissant oued Messaoud se jetait peut-être dans une mer ou, tout au moins, un chott occupant le Djouf, au nord de Tombouctou; c'est là également que venait aboutir le cours d'eau qui représente actuellement la partie supérieure du Niger et qui se jetait alors dans une mer située au Nord.

Nous passons ensuite à un chapitre où M. Gautier a exposé les résultats ethnographiques de toute la Mission. En des pages fort intéressantes, il examine successivement les monuments rupestres (surtout des tombeaux), les gravures rupestres, les armes et outils néolithiques. Les gravures, dont l'auteur nous donne un certain nombre de reproductions, sont manifestement de deux époques. Il est intéressant de noter que les animaux figurés ne sont pas les mêmes dans les deux cas; c'est ainsi que le chameau n'apparaît que dans les gravures les plus récentes. Par contre, les plus anciennes nous offrent la silhouette d'animaux qui, depuis, ont complètement disparu de cette région, comme le bubale et l'éléphant.

Les chapitres suivants constituent une série de monographies, consacrées à la région de la Zousfana, à celle de la Saoura, au Gourara, au Touat, au Tidikelt, au Mouydir-Ahnet. Il m'est impossible de suivre l'auteur dans son exposé; je dois me borner à dire qu'il étudie successivement chacune de ces régions au point de vue du sol et de ses habitants. Je tiens cependant à constater qu'il est arrivé à des résultats d'une importance capitale au point de vue de la constitution géologique de ce pays et de l'allure des plissements; c'est ainsi qu'il a parfaitement délimité les zones des plissements hercyniens et des plissements calédoniens, et montré que le Gourara semble être une zone de rebroussement pour les plis hercyniens. Des failles récentes (en relation avec les soulèvements de l'Atlas) ont, d'ailleurs, un peu modifié l'allure des couches primaires et secondaires. Peut-être l'auteur a-t-il attribué aux failles une importance trop considérable; même l'existence de la grande faille du Touat ne me paraît pas démontrée, sauf en des points particuliers. La présence des vallées suspendues n'est pas une preuve suffisante. La description de la falaise donnée par M. Gautier pourrait s'appliquer, en grande partie, à la falaise cénomanienne de l'extrême sud tunisien, qui a exactement la même composition et le même aspect, et là il n'y a certainement pas de faille; la différence dans la vitesse d'érosion sur les deux versants est seule responsable de l'état actuel.

L'hydrographie tient également, à juste titre, une place importante dans l'ouvrage de M. Gautier; il y a là des considérations dont la valeur utilitaire dépasse sans doute de beaucoup celles qui concernent les rares gîtes minéraux ou métallifères (zinc, plomb, cuivre du Grouz et d'Ougarta, nitrates du Touat, sel de Taoudeni et du Guolb el Melah, etc.).

Enfin, tout ce qui touche la Géographie humaine présente aussi un grand intérêt. Il y a une coïncidence bien frappante entre les traditions des pays étudiés, traditions concernant ces Barmata païens, ces Juifs, ces Nazaréens qui ont été massacrés ou refoulés au xve siècle par les musulmans de l'Ouest.

Nos connaissances, encore bien vagues, sur les populations aborigènes se trouvent précisées sur plusieurs points; ce n'est point encore la certitude (mais peut-on l'avoir en pareil cas?); c'est, du moins, un ensemble de conjectures présentant une extrême vraisemblance.

Ajoutons que onze appendices nous donnent une série de renseignements qui n'avaient pas trouvé place dans le corps de l'ouvrage (itinéraires et observations astronomiques, inscriptions, analyses de nitrates, déterminations de mollusques, etc.).

Au total, l'ouvrage de M. Gautier est bien tel que nous pouvions l'attendre de l'auteur : écrit en un style imagé, pittoresque, il soutient toujours l'attention du lecteur par la variété des sujets traités. Peut-être cette variété est-elle un peu trop grande, et l'ouvrage eût-il gagné à être développé avec plus de méthode; on a vaguement l'impression d'une série d'articles successifs qu'il y aurait eu avantage à fondre en un tout. Je ne m'arrêterai pas au fait que le livre se termine sans conclusion, car celle-ci trouvera sans doute place à la fin du deuxième volume, que va nous donner M. Chudeau. A un autre point de vue, j'ai constaté que l'orthographe adoptée n'est pas invariable et ne s'accorde pas toujours avec celle des cartes, ce qui gêne quelque peu le lecteur; celui-ci aurait aimé trouver une carte générale lui permettant de s'orienter rapidement et lui donnant immédiatement les relations des diverses cartes reproduites dans l'ouvrage. Cette légère remarque n'empêche pas ces cartes d'être des documents de haute valeur, et j'en dirai presque autant des nombreuses photographies distribuées dans tout le texte; elles ne se bornent pas à égayer celui-ci, elles le complètent heureusement. Quelle difficulté d'obtenir en un voyage d'exploration une série de clichés aussi instructifs!

Bref, le livre de M. Gautier fait le plus grand honneur à l'auteur; c'est un ouvrage fondamental, qui sera lu non seulement par les géographes et les géologues, mais aussi par tous ceux qui s'intéressent à notre empire africain, à ce Sahara, si plein de mystères, il y a quelques années à peine, mystères que M. Gautier et son collaborateur, M. Chudeau, ont contribué à dévoiler par leur science et leur audace.

L. Pervinquière,
Chef des Travaux du Laboratoire de Géologie à la Sorbonne.

Blanchard (R.), *Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.* — **Glossaire allemand-français des termes d'Anatomie et de Zoologie.** — *1 vol. in-8° de 298 pages. (Prix cartonné : 8 fr.) Asselin et Houzeau, éditeurs. Paris*, 1908.

Ce Glossaire rendra d'inappréciables services pour la lecture et la traduction des Ouvrages ou Mémoires allemands d'Anatomie et de Zoologie. L'auteur, familiarisé avec la langue par plusieurs séjours en Allemagne ou en Autriche, a recueilli depuis vingt ans tous les termes ou expressions techniques qu'il a rencontrés dans ses lectures. Il en donne non seulement l'équivalent en français, mais encore la synonymie latine, ce qui ajoute beaucoup à la valeur du volume.

4° Sciences médicales

Manson (Sir Patrick). — **Manuel de Pathologie exotique.** *Traduit de l'anglais par* M. le Dr Guibaut. *Deuxième édition, d'après la quatrième édition anglaise. — 1 vol. in-8° de 814 pages, avec 241 figures et 7 planches en couleurs. (Prix : 16 fr.) Masson et Cie, éditeurs. Paris*, 1908.

La deuxième édition de l'ouvrage de Sir P. Manson a été mise au courant des plus récents travaux de Bactériologie et de Pathologie parus sur les maladies tropicales. L'auteur lui a conservé sa marque très personnelle dans la description clinique des processus morbides communs dans les régions tropicales ou prétropicales, ainsi que dans la discussion de leurs causes et de leur pathogénie. La lecture des chapitres relatifs au paludisme, à la dysenterie bacillaire ou amibienne, à la filariose, aux piroplasmoses humaines, etc., aussi bien qu'aux maladies infectieuses cosmopolites, telles que la lèpre, le choléra, la peste, est pleine d'intérêt.

Digitized by Google

Avec M. Laveran, Sir Patrick Manson se rattache à la doctrine exclusivement anophélienne de l'étiologie du paludisme. Dans le sous-chapitre si important de la fièvre bilieuse hémoglobinurique, j'y ai vu, non sans satisfaction, qu'il ne considère plus ce syndrome comme étroitement lié à l'infection palustre. C'est, pour lui, un processus autonome, et il avance même qu'il pourrait s'agir d'une « babesiose ». Mais rien, jusqu'ici, n'est venu vérifier cette hypothèse.

A la vérité, la fièvre bilieuse hémoglobinurique conserve des relations incontestables avec la malaria, car elle apparaît toujours sur des sujets paludéens; mais la fièvre palustre n'en constitue qu'une cause prédisposante. La fièvre hémoglobinurique est conditionnée plus directement, d'après mes constatations, par certaines intoxications dues à des médicaments ou agents hémolysants : quinine, antipyrine, alcool (alcoolisme aigu); par certaines auto-intoxications. Elle succède communément aussi à une cause physique, le refroidissement, qui agit, à ce point de vue, comme dans l'hémoglobinurie paroxystique. Mais, à l'encontre de ce qu'on observe dans cette dernière, le sang des paludéens hémoglobinuriques ne présente pas d'insuffisance d'antisensibilisatrice. L'hémolyse n'est pas due davantage à un excès de cytase ou à une insuffisance d'anticytase. Le mécanisme de la dissolution globulaire s'explique par l'influence de l'une ou de l'autre des causes que je viens d'indiquer, sur les globules sanguins parasités par l'hématozoaire de Laveran et devenus ainsi particulièrement fragiles.

Je prie le lecteur d'excuser la mention de mes recherches à propos de l'ouvrage de Sir Patrick Manson.

Le Manuel de Pathologie exotique publié par ce dernier est un livre d'expérience, plein d'un haut bon sens et d'une judicieuse clarté.

Dr H. VINCENT,
Professeur au Val-de-Grâce,
Membre de l'Académie de Médecine.

Baudet (Louis), *Maire de Châteaudun, Secrétaire de la Commission d'Hygiène publique de la Chambre des Députés.* — **Filtres à sable non submergés.** — 1 *brochure in-8° de 46 pages, avec 7 planches.* (*Prix* : 1 *fr.* 50.) *Dunod et Pinat, éditeurs. Paris*, 1908.

Depuis de nombreuses années, on purifie les eaux potables en les faisant filtrer sur du sable qu'on a soin de maintenir complètement immergé dans l'eau. Au contraire, l'eau des pluies alimentant les sources des terrains sableux filtre toujours à travers un terrain non submergé. Cette différence entre les procédés naturels et artificiels n'avait pas échappé à la perspicacité de savants comme MM. Trélat et Janet, qui ont préconisé, pour obtenir des eaux potables, la filtration de rivières par arrosage intermittent à la surface de buttes de sable de Fontainebleau. A la suite des discussions qui ont eu lieu à la Commission de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris, et sur la proposition de M. Schlœsing, M. Miquel avait été chargé d'étudier au laboratoire le phénomène d'épuration des eaux par le sable. Aidé par M. Mouchet, M. Miquel est arrivé à confectionner un filtre remarquable, dans lequel l'eau arrive en pluie à la surface du sable, est immédiatement absorbée et ressort à la base sans que le sable (passant à la maille de 1mm,5) soit submergé. Il s'est ainsi placé dans les conditions naturelles.

M. L. Baudet rapporte dans sa brochure les résultats des essais de ce filtre faits par la ville de Châteaudun, qui l'a adopté définitivement en vue de purifier la source de Fontaine Ronde débitant 1.000m³. Ce filtre est récent, et des essais comme ceux de Châteaudun sont utiles pour en montrer les avantages et les inconvénients. Il a l'avantage de donner des eaux d'une pureté remarquable (7 germes au centimètre cube en moyenne et pas de colibacille), mais il a l'inconvénient d'être d'un prix de construction assez élevé. Il est donc nécessaire, à ce point de vue, de rechercher un perfectionnement. Notons également le durcissement de la surface du sable, dû non pas à l'évaporation de l'eau, mais au départ du gaz carbonique et au dépôt de carbonate de chaux. Les eaux de Châteaudun sont très claires; mais, s'il s'agissait d'eaux moins claires, comment le filtre se comporterait-il? En outre, n'a-t-on pas prétendu qu'à Châteaudun il fallait un homme spécialement chargé de veiller au débit des robinets de distribution? Dans ce cas, le filtre exigerait une main-d'œuvre assez grande, qu'il faudrait chercher à restreindre. Il convient donc de souhaiter que l'étude de M. Baudet provoque dans les villes des travaux du même ordre, qui apporteront certainement des améliorations pratiques au mode de distribution et de construction du filtre.

F. DIÉNERT,
Docteur ès sciences.
Chef du Service de Surveillance des Eaux d'alimentation de Paris.

5° Sciences diverses

Houllevigue (L.), *Professeur à l'Université d'Aix-Marseille.* — **L'évolution des Sciences.** — 1 *vol. in-18 de 287 pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *Armand Colin, éditeur. Paris*, 1908.

Neuf études ou chapitres composent ce volume : ils traitent des tendances successives de la Chimie, de la transmutation, des expériences de Ramsay, de l'existence de la matière, de l'intérieur de la Terre, du Soleil, des éclipses, de la Voie lactée, de l'organisation de la matière et des frontières des sciences M. L. Houllevigue est un écrivain averti, qui écrit plutôt pour les curieux qui cherchent des idées que pour les techniciens et les doctrinaires : il s'emploie surtout à ventiler des idées. A vrai dire, en certains cas, cette ventilation peut être prématurée. Nous ne savons pas assez le tout de certaines questions pour philosopher à leur endroit Ainsi, il est bien tôt pour chercher ce qui découle des expériences de Ramsay.

M. Houllevigue fait état de la transmutation du cuivre en lithium sous l'influence de l'hélium : or, Mme Curie, dans ses expériences récentes, n'a pas obtenu la transmutation et fait remarquer qu'il est très difficile de posséder des réactifs ne contenant pas de lithium. Dans ces conditions, il est indiqué d'attendre pour philosopher, d'attendre pour posséder un fait certain, inattaquable. Les faits d'abord, la philosophie après. Ailleurs, M. Houllevigue s'appuie sur les résultats de Jagadis Chunder Bose. Mais ils sont fort discutés : et n'est-ce pas aller trop vite en besogne que de formuler des doctrines reposant sur une base qui n'est point encore solidement assise? Sans doute, il est tout naturel que, devant les faits étonnants qui se sont révélés au cours des dernières années, on songe à modifier un peu notre vieille philosophie des sciences et à la raffermir. Mais il faut s'attendre à quelques faux pas, à quelques erreurs dues à la hâte avec laquelle on a procédé.

Pourtant, il faut lire le livre de M. Houllevigue Car, s'il s'y trouve des pages contestables, il s'en trouve aussi qui ne peuvent provoquer aucune critique. Un des points qu'il met spécialement et à juste titre en lumière est l'importance capitale que la Physique a prise depuis peu. La Physique, comme le dit très bien M. Houllevigue, est devenue « le nerf des autres sciences; elle leur a imposé ses lois, ses méthodes, ses moyens expérimentaux : aujourd'hui toute expérience bien faite est nécessairement une expérience de Physique ». Ceci est parfaitement exact. Et nulle part l'influence vivifiante de la Physique n'est plus évidente qu'en Chimie. Aussi les frontières des sciences tombent-elles peu à peu. On ne peut plus tenir celles-ci isolées les unes des autres : elles s'entrelacent et se pénètrent réciproquement, pour leur plus grand bien d'ailleurs, et c'est ce que M. Houllevigue montre d'une façon très nette.

HENRY DE VARIGNY.
Docteur ès sciences.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 26 Octobre 1908.

M. Ph. van Tieghem est élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, en remplacement de M. H. Becquerel, décédé.

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Picart** adresse ses observations de la comète 1908 *c* faites à l'Observatoire de Bordeaux avec l'équatorial de $0^m,38$. — **M. Borrelly** communique ses observations de la même comète faites à l'Observatoire de Marseille à l'équatorial d'Eichens. — **M. L. Rabourdin** présente une série de photographies de la comète Morehouse obtenues avec le grand télescope de l'Observatoire de Meudon. La comète présente une tête formée d'un noyau plus dense et d'une queue principale fourchue avec de très longues aigrettes en nombre variable s'étalant en éventail.

2° Sciences physiques. — **M. C. Stoermer** montre que les expériences récentes de M. Birkeland sur la cause des orages magnétiques peuvent s'expliquer théoriquement par les considérations mathématiques qu'il a développées sur les trajectoires des corpuscules électrisés sous l'action du magnétisme terrestre. — **M. P. Villard** donne une explication de l'aurore boréale basée sur la considération de la Terre tournant, avec son atmosphère toujours ionisée, dans son propre champ magnétique, et ne faisant intervenir aucune cause extra-terrestre. — **M. G. Maltézos** a établi les équations entre les distances à une lentille du point lumineux et de ses images secondaires, dans le cas des lentilles sphériques placées dans l'air ou dans un même milieu homogène transparent. — **M. H. Abraham** a réalisé un mono-téléphone de grande sensibilité et à note réglable en formant l'armature vibrante par une lamelle de fer qui couvre juste l'électro-aimant; cette armature est portée par deux fils d'acier tendus parallèlement, qui la maintiennent à la distance voulue des pôles. — **M. P. Pascal** a reconnu que, quand, par son entrée dans un ion complexe ou dans un colloïde, les propriétés chimiques d'un métal deviennent masquées, il en est de même, et au même degré, des propriétés magnétiques qu'il a dans ses sels normaux. — **M. G. Denigès** préconise l'azotate mercureux comme réactif microchimique de l'arsenic amené à l'état d'acide arsénique; au microscope, on aperçoit des macles épaisses, des cristallites en double éventail et des tables incolores à extrémités arrondies. — **M. J. Wolff** a constaté qu'en milieu faiblement alcalin le ferrocyanure de fer colloïdal fonctionne comme une oxydase vis-à-vis de l'hydroquinone. — **M. Ch. Mauguin** a observé que le brome réagit très nettement à froid sur l'éther aqueux, et qu'une lumière intense accélère fortement la réaction. Le corps qui se forme est l'aldéhyde monobromée $CH^2Br.CHO$. — **MM. E. Bourquelot** et **H. Hérissey** ont reconnu que les graines mûres de Bakanko renferment, comme les graines non mûres, de la bakankosine, glucoside lévogyre, $[\alpha]_D = -196°,8$, dont la formule est $C^{16}H^{23}O^6Az + H^2O$. — **M. J. Laborde** montre que la matière chromogène de la pellicule des raisins, qui est sous la forme insoluble à l'état vert, se solubilise de plus en plus au cours de la maturation; c'est pendant cette modification que prend naissance la matière colorante chez les cépages rouges.

3° Sciences naturelles. — **M. G. Contremoulins** préconise les règles suivantes pour l'exécution des radiographies : 1° la distance du foyer radiogène à la plaque sensible doit être constante pour tous les examens; 2° l'incidence normale doit être inscrite automatiquement sur la plaque; 3° l'attitude du sujet doit être mentionnée sur l'épreuve; 4° si possible, deux radiographies suivant deux plans perpendiculaires doivent être exécutées. — **MM. C. Nicolle** et **L. Manceaux** ont rencontré chez le Gondi un nouveau parasite, différent du *Piroplasma quadrigeminum* déjà noté chez cet animal, mais se rapprochant beaucoup des *Leishmania*. — **M. G. Kuss** a constaté que, quand un tapis est contaminé par des crachats tuberculeux desséchés restés virulents, un seul balayage de quelques minutes, suivi de battage, produit des poussières infectantes pour le cobaye qui les respire. Ces poussières sont facilement disséminées par les courants d'air. — **M. A. Billard** a trouvé, dans la collection d'Hydroïdes du *Challenger*, une espèce et une variété nouvelles, qu'il nomme : *Plumularia Kirkpatricki* et *Thecocarpus myriophyllum elongatus*. — **M. J. Dybowski** recommande, pour éviter la détérioration du coprah (produit de la noix de coco) par les micro-organismes, de le soumettre préalablement à l'action de SO^2, qui assure sa conservation pendant plusieurs années. — **MM. J. Costantin** et **H. Poisson** ont reconnu que la plante de Madagascar qu'ils ont étudiée sous le nom de Katafa est le *Cedrolopsis* de Baillon ou une espèce voisine.

Séance du 2 Novembre 1908.

La Section d'Anatomie et Zoologie présente la liste suivante de candidats à la place vacante par suite du décès de M. Giard : 1° **MM. F. Henneguy** et **Marchal**; 2° **M. F. Houssay** et **L. Joubin**; 3° **MM. M. Caullery, Ch. Gravier, Ch. Janet, F. Mesnil, Pizon** et **E. Trouessart.**

1° Sciences mathématiques. — **M. L. Rémy** démontre que l'invariant relatif ρ est égal à 2 pour les surfaces dont les points admettent une correspondance univoque, sans point fondamental ni courbe exceptionnelle, avec les couples de points d'une courbe algébrique non singulière et non unicursale. — **MM. H. Deslandres** et **A. Bernard** ont étudié le spectre de la comète Morehouse (1908 *c*). Le rayonnement du bleu à l'ultra-violet y a une intensité anormale; on y constate aussi trois doublets très voisins de trois radiations cométaires nouvelles signalées dans la comète Daniel.

2° Sciences physiques. — **M. E. Rothé**, étudiant l'influence de la pression sur les phénomènes d'ionisation, a reconnu que, de 0,1 à 5 atmosphères, l'intensité du courant de saturation croît proportionnellement à la pression. — **M. D. Hurmuzescu** décrit un nouveau modèle d'électroscope où, au lieu de mesurer les variations de l'angle α pour avoir les différences du potentiel, il ramène, par une méthode de compensation, la valeur de α à sa valeur initiale par une variation symétrique et linéaire de la capacité de l'électroscope, à l'aide d'une vis micrométrique dont la tête possède un tambour divisé. — **M. Bouquet de La Grye** présente un Rapport de la Commission de télégraphie sans fil qui conclut par le vœu qu'un service de signaux horaires soit installé à titre d'expérience le plus tôt possible à la tour Eiffel, dans le but de servir à la détermination des longitudes. — **MM. C. Tissot** et **F. Pellin** présentent un appareil pour la réception des signaux horaires radiotélégraphiques à bord des bâtiments; c'est un récepteur du type électrolytique modifié. — **MM. V. Crémieu** et **L. Rispail** ont procédé à une détermination nouvelle de l'équivalent mécanique de la chaleur, en opérant la transformation de chaleur en travail dans le moufle d'un calorimètre Bunsen maintenu uniformément à la température de la glace fondante. La moyenne des valeurs de J est

Digitized by Google

4,1851 × 10^7 ergs, avec un écart expérimental de moins de 1/1500. — M. **G. D. Hinrichs** cherche à déterminer le poids atomique de la substance pondérale simple, dont la condensation fournit toutes les autres, le pantogène. Il trouve la valeur 0,007813, soit le 1/128 du poids atomique de l'unité absolue. — M. **P. Jolibois**, en versant du zinc fondu sur du P rouge bien sec, éliminant l'excès de Zn par volatilisation dans le vide ou dissolution dans le mercure, a isolé un phosphure Zn^3P^2. L'action des vapeurs de P sur ce dernier fournit un autre corps ZnP^2 qui, sous l'action de HCl, donne H^3P très pur. — MM. **G. Malfitano** et **L. Michel** ont constaté que l'hydrolyse de $FeCl^3$ en présence de KCl est soit plus active, soit plus lente, selon les proportions respectives des deux sels. L'hydrate tend à former des micelles d'autant plus volumineuses que la quantité de KCl est plus grande. — M. **P. Nicolardot** décrit un procédé de séparation de l'acide tungstique et de la silice par l'action des vapeurs de chloroforme mélangées d'air à 500°, qui entraînent le tungstène. — M. **E. Léger**, en traitant par $HClO^3$ la solution des aloès bruts dans HCl concentré, a obtenu entre autres un produit $C^{11}H^4Cl^4O^3$, F. 268°, qu'il considère comme le dérivé tétrachloré d'un phénol inconnu, l'*aloésol*. Réduit par Zn en solution acétique bouillante, il donne de l'hydroaloésol bichloré, $C^{11}H^6Cl^2O^3$, F. 275°. — M. **M. Piettre** a extrait l'acide glycocholique de la bile de porc avec de bons rendements. C'est une substance blanche, fondant à 150° en se ramollissant, de formule $C^{27}H^{45}AzO^6$; $[\alpha]_D = +21°54'$. — M. **Eug. Fouard** arrive à la conclusion que l'amidon est une espèce chimique unique, susceptible d'une transformation physique, totale et réversible, vers un état de solution parfaite. — MM. **L. Pelet-Jolivet** et **N. Andersen** montrent qu'une solution de matière colorante pure, sans addition d'aucun sel ou acide, joue, en présence de la laine ou d'un absorbant convenablement choisi, le rôle d'un électrolyte; la fixation du colorant se réalise suivant les règles de l'électrisation de contact.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Hariot** signale les grands dégâts causés par l'*Oïdium* du chêne en 1908; seuls, les chênes américains n'ont presque pas souffert. L'*Oïdium* du chêne doit être rapporté à l'*O. quercinum* Thumen. — M. **A. Lacroix** a trouvé, sur la périphérie du Massif du Mont-Dore, deux séries de couches de ponces blanches, les unes rhyolithiques, les autres trachytiques. Les dernières appartiennent à un type pétrographique distinct, remarquable par sa pauvreté en chaux. — M. **M. Boule** annonce la découverte, faite par le capitaine Colcanap, de couches de houille de 0,3 à 0,5 mètre d'épaisseur, dans le bassin du Haut-Onilahy, à Madagascar.

Séance du 9 Novembre 1908.

M. le Président annonce à l'Académie le décès de M. **A. Ditte**, membre de la Section de Chimie. — M. **F. Henneguy** est élu membre de la Section d'Anatomie et Zoologie.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Haag** présente ses recherches sur les surfaces sur lesquelles il y a une famille de courbes égales, les développables circonscrites le long de ces courbes étant aussi égales. — M. **H. Bénard** a étudié les entonnoirs éphémères produits à l'arrière d'un obstacle qu'on déplace à travers une nappe liquide tranquille. Ils se disposent sur une double rangée, ceux de droite dextrogyres, ceux de gauche lévogyres, et sont séparés par des intervalles égaux. — M. **J. Guillaume** a observé les divers aspects physiques de la comète 1908 *c*, à l'Observatoire de Lyon, depuis le 5 septembre.

2° Sciences physiques. — M. **O. Keller** donne une théorie de l'attraction universelle, fondée sur la réaction de l'éther sur la matière. — M. **L. Dunoyer** a étudié l'effet que produit l'induction magnétique des correcteurs de fer doux sous l'influence des compas de grand moment magnétique. Les résultats théoriques obtenus en tenant compte de l'action mutuelle de la sphère magnétique et du compas concordent avec les valeurs expérimentales. — M. **A. Blondel** présente un monotéléphone à note réglable, constitué par une étroite lame de tôle de fer ou d'acier, dont une extrémité est fixée et l'autre placée en regard d'un petit électro-aimant parcouru par le courant d'un récepteur; en outre, la lame est pincée en un point intermédiaire variable. — M. **C. Maltézos** indique les équations des foyers et des images secondaires dans les lentilles épaisses. — MM. **Léon** et **Eug. Bloch** montrent que la phosphorescence, l'ionisation et la présence d'ozone qu'on remarque dans l'air qui a passé sur du phosphore ne proviennent pas de l'oxydation du phosphore, mais de celle de l'anhydride phosphoreux. — M. **M. Chanoz** a constaté que les tissus de l'homme vivant se polarisent sous l'action d'un courant continu; cette polarisation se dissipe suivant une courbe hyperbolique. — M. **P. Besson** a étudié la radio-activité de l'eau d'Uriage-les-Bains (Isère). Elle est, en moyenne, de 0,015; elle décroît de moitié en quatre jours, suivant la loi de Curie. — M. **G. Massol** a déterminé la radio-activité des gaz de l'eau thermale d'Uriage; celle des gaz qui se dégagent spontanément est environ quatre fois plus faible que celle des gaz dissous dans l'eau. — M. **L. Dubreuil**, en calculant le vrai poids atomique de l'argent d'après les expériences de Stas et par la méthode de Hinrichs, trouve la valeur 107,9921, très voisine de 108. — M. **G. Arrivaut**, par l'étude des courbes de fusion des mélanges de silicium et d'argent, a reconnu que ces deux éléments ne donnent pas de combinaison. — MM. **E. Jungfleisch** et **H. Leroux** ont établi l'identité de l'alcool ilicique, extrait par Personne de la glu du houx, avec l'amyrine-α. — MM. **A. Haller** et **Ed. Bauer**, en faisant réagir l'amidure de sodium pulvérisé sur la benzophénone en milieu neutre, ont obtenu un produit $C^6H^5.C(ONa)(C^6H^5)(AzH^2)$, qui est décomposé par un peu d'humidité en donnant de la benzamide. La réaction est générale pour les cétones aromatiques. — M. **A. Valeur**, en faisant réagir l'iode sur l'α-méthylspartéine, a constaté une isomérisation qui paraît donner naissance à un iodométhylate d'iodo-isospartéine.

3° Sciences naturelles. — M. **Foveau de Courmelles** a obtenu, par l'application de l'étincelle de haute fréquence, la disparition de certaines taches de la peau qui avaient résisté au radium. — M. **Anthony** rappelle que, chez le *Bradypus torquatus* Ill., on a observé une réduction considérable du doigt IV, caractère qui lui est absolument particulier et qui doit en faire un genre nouveau. — M. **Em. Rivière** a trouvé, dans l'abri sous roche du Moustier (Dordogne), un squelette de femme quaternaire, appartenant à la période chelléo-moustérienne. C'est le plus ancien squelette humain fossile entier trouvé en France. — M. **J. W. Lee** a étudié des échantillons de calcaires provenant du sud de la Nouvelle Zemble et renfermant une faune fossile caractéristique du Dinantien. — M. **F. Pelourde** a découvert un nouveau type de pétiole de Fougère fossile, près d'Autun, ne rappelant aucun type fossile connu, mais bien les rachis des *Aspidium* actuels. — M. **A. Lacroix** montre que le Puy-de-Dôme n'a pas été édifié par un phénomène unique, mais qu'il est constitué par un dôme formé à la façon de celui de la Martinique, recouvert par des produits de projection postérieurs, rejetés par de grandes explosions. — M. **Couyat** a déterminé les roches éruptives du Gebel Doukhan (Mer Rouge). Ce sont des microgranites et micropegmatites antérieurs au granite, des diorites et microdiorites, des andésites, des labradorites, des granites, des microgranites et rhyolites postérieurs au granite. — M. **J. Thoulet** a constaté qu'un fond marin occupant dans l'eau le volume total 100 subit une contraction de 26 °/₀ par simple dessiccation à l'air et de 60 °/₀ environ quand il a pris l'état de calcaire géologique. — M. **E.-A. Martel** a exploré le cours de la rivière souterraine de La Grange (Ariège) sur près d'un kilomètre; il est établi dans le Sénonien. La rivière revient au jour,

Digitized by Google

sous forme de fausse source, dans un vallon voisin, après un siphonnement. — M. **A. Angot** signale l'enregistrement, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, le 6 novembre, de deux groupes de secousses sismiques.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 Novembre 1908.

M. **P. Reynier** présente le Rapport sur le concours pour le prix Campbell-Dupierris. — M. **Barillé** lit un travail sur le rôle biologique de la dissociation des carbonophosphates. — M. **Delbet** donne lecture d'un travail sur le traitement des fractures du col du fémur par l'enchevillement. — M. **Moreau** (de Sens) communique l'observation d'un nouveau-né atteint d'obstruction du rectum et d'atrésie de l'iléon. — M. le Dr **Routier** donne lecture d'un travail sur les abcès du foie.

Séance du 10 Novembre 1908.

M. **H. Hanriot** présente un Rapport sur les nouveaux travaux de la Station thermale de Vichy. Par suite du rachat de la source Boussanges par la Compagnie fermière, le débit des sources chaudes a été augmenté de 200.000 litres par vingt-quatre heures. D'autre part, des travaux de forage en profondeur sous la source des Célestins ont coupé la faille d'alimentation des eaux et permis d'augmenter de 150.000 litres par vingt-quatre heures le débit des sources froides. La composition des eaux est restée sensiblement la même. — L'Académie termine la discussion du Rapport de M. Widal sur les épidémies en 1906 et vote les vœux suivants : 1° La déclaration des maladies visées à l'article 4 de la loi du 15 février 1902, et dont l'Académie a établi la liste, est obligatoire solidairement pour le chef de famille, le logeur ou chef d'établissement et par le médecin traitant. 2° Poursuite rigoureuse de toute infraction et application des peines prévues par la loi, peines dont la sévérité sera augmentée si l'expérience les montre insuffisantes. 3° Désinfection effectuée par des gens de métier, pourvus de moyens de locomotion leur permettant de se rendre immédiatement au foyer infecté. 4° Obligation formelle de mettre en vigueur les règlements sanitaires communaux prévus par l'article 1er de la loi. 5° Inspection sanitaire obligatoire pour chaque département et confiée à des fonctionnaires largement appointés. 6° Création d'un enseignement pratique de l'Hygiène dans les Facultés de Médecine, où puissent être éduqués et tenus au courant des méthodes nouvelles les agents chargés de la protection de la santé publique. 7° Des notions d'Hygiène publique entreront non seulement dans le programme des études, mais encore dans le programme des écoles, lycées et collèges. — M. **E. Boinet** décrit un cas d'anévrisme de l'aorte ascendante et de la crosse de l'aorte, présentant les particularités suivantes : 1° Syndrome asystolique et médiastinal complet par compression des vaisseaux et cavités de la base du cœur et de tous les organes contenus dans le médiastin; 2° Saillie de l'anévrisme aortique dans les creux sus-claviculaire droit et sus-sternal, simulant un anévrisme concomitant de l'artère inominée; 3° Compression des deux nerfs récurrents; 4° Inféro-traction et latéro-torsion à gauche du larynx, par suite du refoulement de la trachée à gauche et en arrière; 5° Régurgitation rétrograde du sang dans la veine jugulaire externe, sans pouls veineux, par suite de la compression de la veine cave supérieure et des troncs brachiocéphaliques veineux. Le malade est mort par asphyxie après une longue agonie. — M. **G. Dieulafoy** décrit un cas de poliencéphalite syphilitique, avec ophtalmoplégie totale et bilatérale, accompagnée de symptômes bulbaires (polyurie et polydipsie intenses, etc.). L'affection a été enrayée à un moment où la situation paraissait désespérée et elle a marché vers la guérison sous l'influence d'un traitement mercuriel intense et prolongé. — M. **Rousseau Saint-Philippe** donne lecture d'un travail intitulé : « Que vaut la consultation des nourrissons dans la lutte actuelle contre la mortalité infantile? »

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 31 Octobre 1908.

MM. **P. Ancel** et **P. Bouin** ont observé que, chez la chienne, tout se passe comme si le corps jaune conditionnait le rut et déversait dans le sang un principe déterminant tous les phénomènes du rut. — M. **Ed. Retterer** a constaté que le revêtement épithélial de l'amygdale évolue en deux sens différents : la cellule malpighienne s'y transforme en tissu conjonctif (follicules clos); les cellules centrales des cryptes amygdaliens dégénèrent et se tassent en lamelles ou corps concentriques. — M. **Bergamasco** montre que l'hyperthermie due à la piqûre du cerveau ne peut être attribuée à une lésion des centres thermogénétiques ou thermorégulateurs, mais qu'elle est un effet secondaire dû à des irritations partant de la zone blessée ou des régions voisines. — MM. **H. Labbé**, **G. Vitry** et **G. Giraud** ont reconnu que les quantités d'iode contenues dans les corps thyroïdes des tuberculeux varient beaucoup suivant les cas. — M. **A. Sartory** montre que la stérilisation de l'air par l'électricité dans son appareil est généralement complète en trois heures, et souvent deux. — M. **H. Roger** a observé que l'addition de quantités croissantes d'acétate d'urane affaiblit, jusqu'à l'annihiler, le pouvoir amylolytique de la salive. — MM. **M Cordier**, **G. Péju** et **H. Rajat** ont trouvé que ce sont les radiations vertes, bleues ou violettes de la lumière blanche diffuse qui détruisent la fonction chromogène du *Micrococcus prodigiosus*. — MM. **L. Morel** et **E.-F. Terroine** ont constaté que le suc pancréatique possède la propriété de dédoubler faiblement les éthers; cette propriété, disparaissant par l'ébullition, doit être rapportée à un ferment, peut-être la lipase. — MM. **J. Camus** et **Ph. Pagniez** ont étudié les lésions produites par les injections d'acides gras dans le péritoine; les injections répétées d'acides gras à petites doses ne produisent pas l'immunisation locale contre la tuberculose. — M. **A. Sézary** a observé fréquemment dans les glandes surrénales, surtout à l'état d'hypoépinéphrie, un état particulier des cellules corticales, caractérisé uniquement par leurs dimensions réduites. — M. **J. Lesage** montre que le cheval supporte facilement l'injection intra-péritonéale d'une grande quantité d'infusion de maté; le nombre de pulsations augmente et la respiration se montre plus fréquente. — M. **P. Remlinger**, ayant fait ingérer à des souris du virus fixe de l'Institut de Sassari, a vu les souris périr de rage paralytique classique dans une proportion de 80 °/₀. La souris peut donc contracter la rage en mangeant les parties virulentes du cadavre d'un animal enragé.

Séance du 7 Novembre 1908.

M. **H. Roger** a constaté que le pouvoir amylolytique du sérum sanguin n'est pas annihilé par l'acétate d'urane comme celui de la salive. — MM. **H. Roger** et **M. Garnier** ont reconnu que le poison des matières fécales diffère très nettement des poisons putrides. Il est notablement altéré par le chauffage; il est altéré, probablement coagulé, par l'alcool. — MM. **Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont observé que la rontgénisation du testicule du lapin jeune, avant le début de la spermatogénèse, ne modifie pas le testicule dans son évolution; l'épithélium séminal jouit donc, à ce stade, d'une immunité remarquable. — MM. **M. Weinberg**, **M. Léger** et **M. Romanovitch** montrent que le strongyloïde intestinal existe en France dans toutes les régions minières; il parasite surtout les ouvriers du fond. L'anguillule intestinale détermine fréquemment une irritation du canal intestinal, se traduisant par des crises diarrhéiques. — M. **R. Trémolières** a constaté que certaines eaux minérales sulfureuses, bicarbonatées, arsenicales, lithinées et oligo-métalliques, plus ou moins

Digitized by Google

chargées d'émanations radio-actives, peuvent, une fois ramenées à l'isotonie, être injectées sans danger dans le derme ou le péritoine, en produisant des effets très accusés. — **MM. L. Le Sourd** et **Ph. Pagniez** confirment le fait que la rétraction du caillot sanguin est fonction des plaquettes sanguines, car elle ne se produit plus lorsqu'on fait disparaître ces plaquettes par injection de sérum hémolytique ou anti-plaquettes. — **M. A. Alexeieff** a reconnu que la division nucléaire chez l'*Hexamitus intestinalis* s'effectue suivant une mitose primitive. — **M. Ch. Richet** a constaté que la chaleur à 80°, pendant trois minutes, diminue beaucoup l'effet toxique, peu l'effet anaphylactisant, et nullement l'effet apotoxique de l'actino-congestine; une température de 103° détruit les deux premiers, mais non le dernier. — **MM. G. Vitry** et **G. Giraud** ont examiné les lésions histologiques du corps thyroïde de 24 tuberculeux; elles sont d'autant plus accentuées que la teneur en iode est plus faible. — **M. G. Péju** montre que la température de mort des cultures de *Micrococcus prodigiosus* varie avec les milieux employés; la mort est toujours définitive à 49°-50°. — **M. J. Nageotte** décrit une technique rapide pour colorer les fibres à myéline des nerfs de la moelle et du cerveau; elle consiste à faire agir l'hématéine alunée sur les coupes faites par congélation des pièces fixées au formol. — **MM. J. Nageotte** et **M. Léon-Kindberg** ont constaté l'existence d'une asymétrie croisée du rire et des mouvements volontaires de la face, chez quatre malades, provenant probablement d'une lésion organique des centres nerveux. — **M. F. Dévé** a reconnu que, chez le lapin, c'est le rein qui semble constituer le lieu d'élection des kystes échinococciques primitifs. — **M. P. Wintrebert** poursuit ses recherches sur le déterminisme de la métamorphose chez les Batraciens. — **M. P. F. Armand-Delille** a étudié le pouvoir de déviation du complément par les sérums antitoxiques en présence des toxines correspondantes; il est en rapport avec l'état d'anaphylaxie des animaux immunisés. — **M. J. Lesage** a constaté que l'infusion de maté n'est pas facilement altérable par les moisissures; elle retarde la fermentation lactique, mais ne l'empêche pas.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 23 Octobre 1908.

Cette séance de rentrée s'est tenue au *National Physical Laboratory*, sur l'invitation du directeur; elle a été consacrée à la démonstration du fonctionnement d'un certain nombre d'appareils de cette institution.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Communications reçues pendant les vacances.

MM. O. Brill et **C. de B. Evans** ont employé la microbalance à la détermination des équivalents électrochimiques et à la mesure des densités des solides qui peuvent être obtenus sous forme régulière. L'équivalent trouvé pour Cu est 31,95, pour Sb 40,9. — **MM. T. S. Price** et **D. F. Twiss** ont obtenu, par action des chlorures de nitrobenzyle sur le thiosulfate de Na, les thiosulfates de nitrobenzyle, que l'action des alcalis transforme en disulfures d'*o*-, *m*- et *p*-nitrobenzyle, fondant respectivement à 109°,5, 103° et 126°,5. — **M. T. P. Hilditch** a mesuré le pouvoir rotatoire des sels des alcaloïdes avec des acides contenant des groupes non saturés adjacents; le pouvoir rotatoire augmente en même temps que le nombre des groupes non saturés contigus. — **MM. J. C. Irvine** et **R. Gilmour** ont constaté que le glucose-anilide ne contient que 4 OH susceptibles de méthylation et qu'il possède la liaison γ-oxydique caractéristique des sucres et glucosides réducteurs. Il doit donc exister sous deux formes stéréo-isomères, que les auteurs ont mises en évidence. La glucose-oxime se comporte de la même façon. — **MM. A. N. Meldrum** et **W. H. Perkin jun.**, en réduisant l'acide 2-hydroxy-*p*-toluique par Na et l'alcool, puis traitant le produit de réduction par HBr, puis par la diéthylaniline, ont obtenu l'acide 1-méthyl-Δ^1-cyclohexène-4-carboxylique. — **M. W. H. Green** a mesuré la viscosité et la conductibilité des solutions de sucrose, HCl et LiCl à 18° et à 25°. La formule qui représente le mieux les rapports entre la viscosité et la concentration est de la forme $\eta/\eta_0 = A^{v/w}$, où v est le volume du corps dissous et w le volume de solvant présents par unité de volume de la solution. — Le même auteur a ensuite déterminé la viscosité et la conductibilité de mélanges de solutions de LiCl et de sucrose, dans le but de déterminer les variations des mobilités ioniques concomitantes avec le changement de fluidité dû à la présence du sucre en solution. Les courbes obtenues montrent que la mobilité ionique n'est pas simplement proportionnelle à la fluidité physique de la solution, mais plutôt à la puissance 2/3 dans le cas de LiCl et du sucrose. — **M. H. C. Greenwood** a construit un appareil permettant de mesurer à 10° près les températures de réduction des oxydes par le carbone. Les essais faits sur les oxydes de Cr, Mn, U, Si, Tu, Zr et Th montrent que les températures de réduction sont beaucoup plus basses qu'on ne croyait; elles dépendent de la nature du carbone employé et de la condition physique des oxydes. Pour quelques oxydes, la présence de Fe, Mn ou Cu facilite catalytiquement la réduction, fait qui confirme certaines observations faites dans la préparation des ferro-alliages. — **M. H. J. S. Sand** décrit une méthode de détermination électro-analytique rapide de l'étain et de l'antimoine et de séparation de ces deux éléments. — **MM. H. E. Clarke** et **D. L. Chapman** ont reconnu que la vitesse de décomposition de l'ozone à 100° est indépendante de la surface des parois du récipient; la décomposition pyrogénique des gaz n'a donc pas son siège sur les parois, mais constitue une réaction homogène. — **M. R. H. A. Plimmer** a isolé du jaune d'œuf, à côté de la vitelline insoluble dans l'eau et contenant 1 °/₀ de P, une seconde protéine soluble dans l'eau et contenant 0,1 °/₀ de P; elle diffère de l'ovalbumine par sa teneur en Az. L'auteur la nomme *livétine*. — **M. J. K. H. Inglis** et **Mlle L. E. Knight** ont mesuré les conductivités des quatre premiers acides gras α-oximinés et de leurs sels de Na. Les résultats montrent qu'ils n'ont pas tous la même configuration, l'acide oximinopropionique différant des autres. — **M. Ch. K. Tinkler** a étudié la formation des periodures en examinant le spectre d'absorption ultra-violet des solutions d'iode contenant un sel halogéné. Les composés d'addition iodés des iodure, bromure et chlorure de triméthylsulfine ont le même spectre que ceux des solutions d'iode contenant KI, KBr ou KCl; ils doivent donc répondre à la formule $(CH^3)^3SX.I^2$. — **MM. J. C. Irvine** et **D. Mc Nicoll** montrent que les éthers méthyliques de la benzoïne doivent toujours être préparés par la réaction à l'oxyde d'argent. Le procédé de méthylation de Fischer donne des rendements plus faibles et quelquefois des dérivés furaniques; la méthode à HCl a une application limitée. — **M. T. P. Hilditch** a préparé les α-disulfones aromatiques par oxydation des acides sulfiniques avec le permanganate en solution acétique glaciale, avec des rendements de 17 à 40 °/₀. — **MM. N. A. Creeth** et **J. F. Thorpe**, par bromuration de la β-hydrindone avec des quantités calculées de Br, ont obtenu les dérivés monobromé, bibromé et tétrabromé. — **MM. W. Barlow** et **W. J. Pope** discutent le rapport entre la forme cristalline et la constitution chimique du nitrate de soude et du carbonate de chaux, surtout au point de vue du polymorphisme. — **M. B. D. Steele** a étudié la réaction entre l'iode et l'acide phosphoreux. En solution fortement acide, l'oxydation est accélérée catalytiquement par les ions OH et la vitesse est proportionnelle à la concentration de l'acide phosphoreux et à la racine carrée de la concentration de l'iode. En solution faiblement acide (acide acétique ou borique), il y a accélération par l'acide phosphoreux

Digitized by Google

ou l'acétate de Na et retard par I ou KI. — **M. J. F. Spencer** et **Mlle M. S. Crewdson** ont trouvé que tous les halogénures d'alkyle réagissent directement avec Mg, en tube scellé pour les membres de la série inférieurs au butane, en flacons ouverts pour les autres. Les produits sont des alkylhalogénures de Mg et des hydrocarbures contenant le double d'atomes de C que l'halogénure primitif. En tube scellé, il se forme souvent des hydrocarbures non saturés et de l'hydrogène. — **M. J. F. Spencer** et **Mlle M. L. Wallace** ont fait réagir les dérivés organiques halogénés sur les métaux du groupe de l'aluminium (Al, In, Tl). Avec Al, on obtient un halogénure d'alkylaluminium, décomposable par l'eau en donnant l'hydrocarbure correspondant; avec In et Tl, la réaction est très lente et le composé formé peut se décomposer en donnant un hydrocarbure contenant le double d'atomes de C. — **M. T. P. Hilditch** a déterminé l'activité optique de dérivés de l'alcool *l*-amylique et du *d*-camphre contenant du S bi-, quadri- et hexavalent. L'atome de S bi- ou quadrivalent a un plus grand effet sur le pouvoir rotatoire que celui de S hexavalent saturé. L'anomalie optique est augmentée par la présence d'un second groupe non saturé adjacent au résidu sulfuré. — **MM. H. D. Law** et **F. M. Perkin** ont oxydé les trois nitrotoluènes par le chlorure de chromyle. Les dérivés *p*- et *m*- donnent les aldéhydes correspondantes, le dérivé *o*- un composé chloré. Les trois chlorotoluènes fournissent des aldéhydes. — **MM. Ch. Dorée** et **J. A. Gardner**, en oxydant le coprostérol par CrO^3, ont obtenu une cétone, la coprostanone, F.62°-63°. Chauffé avec l'oxyde d'amyle sodé, le coprostérol est converti en ψ-coprostérol, F.119°. — **M. B. M. Jones** a déterminé les températures de cristallisation spontanée des solutions sursaturées de nitrates de K, Rb et Cs. Les courbes de sursolubilité de K et Rb sont parallèles aux courbes de solubilité, s'approchant de ces dernières quand la concentration décroît. Pour Cs, les deux courbes coïncident, la région métastable disparaissant. — **MM. R. Meldola** et **J. G. Hay** ont étudié l'action du 2:3:5-trinitro-4-acétylaminophénol sur les amines, qui conduit à la formation d'iminazols. La condensation n'a pas lieu, toutefois, avec les amines *o*-substituées, le groupe nitro exerçant un empêchement stérique. — **MM. F. B. Power** et **A. H. Salway** ont extrait de la noix de muscade par expression 26,6 °/₀ d'huile, et par l'éther 42,9 °/₀ d'huile. La première renferme : 12,5 °/₀ d'huile essentielle, 73 °/₀ de trimyristine, 3 °/₀ de glycéride oléique, 0,3 °/₀ de glycéride linolénique, 2 °/₀ de résine et 8,5 °/₀ de corps non saponifiables, dont le principal constituant est un liquide $C^{10}H^{22}O^5$, Eb. 270-280° sous 15 millimètres. — **MM. T. S. Price** et **D. F. Twiss**, en soumettant à l'électrolyse le produit de l'action du bromacétate d'éthyle sur le thiosulfate de soude, ont obtenu le dithiodiglycolate diéthylique, Eb. 164° sous 14 millimètres. Par un procédé analogue, on obtient les α- et β-dithiodilactylates diéthyliques, Eb. 159° sous 14 millimètres et Eb. 194° sous 17 millimètres. — **MM. S. Smiles** et **T. P. Hilditch**, en condensant le phénol avec le sulfoxyde de di-*p*-nitrodiphénylamine, ont obtenu les sulfates de deux bases S-hydroxyphénylphénazothionium isomères. — **MM. J. E. Mackenzie** et **H. Marshall** ont préparé un certain nombre de tétrathionates par l'action des persulfates sur les thiosulfates : $2SrS^2O^3 + K^2S^2O^8 = K^2S^4O^6 + 2SrSO^4$, et de trithionates par enlèvement de soufre aux tétrathionates au moyen des sulfites : $K^2S^4O^6 + K^2SO^3 = K^2S^3O^6 + K^2S^2O^3$. — **M. P. C. Austin** a préparé : la diphénanthracridine, F. > 320°, par la méthode de Senier; la phénophénanthracridine, F.204°, en traitant un mélange de phénanthraquinone et de $SnCl^2$ par le chlorure d'*o*-nitrobenzoyle; la fluorénaphtacridine, F.259°, par l'action de CH^2I^2 sur un mélange de 2-aminofluorène et d'α-naphtol. — **MM. R. H. A. Plimmer** et **F. H. Scott** proposent, pour distinguer les phosphoprotéines des nucléoprotéines, l'action de NaOH aqueuse à 1 °/₀ à 37° pendant vingt-quatre heures, qui élimine tout l'acide phosphorique des premières, tandis qu'il est sans action sur les secondes. Le pancréas est le seul tissu contenant des phosphoprotéines; celles-ci se trouvent surtout parmi les substances de réserve de l'œuf ou de l'embryon. — **MM. A. G. Green** et **J. Baddiley**, en faisant réagir les alcalis caustiques sur les dérivés du *p*-nitrotoluène, puis oxydant fortement, ont obtenu, après une formation intermédiaire de dérivés dibenzyliques, des dérivés du dinitrostilbène. — **MM. G. T. Moody** et **L. T. Leyson** montrent que les valeurs très divergentes obtenues pour la solubilité de la chaux dans l'eau sont dues à la présence d'impuretés. En opérant dans des conditions de très grande pureté, ils ont obtenu les valeurs de la solubilité entre 2° et 80°; de 25° à 80°, la courbe de solubilité est une ligne presque droite.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 3 Juillet 1908.

M. Br. Glatzel présente une Note sur les phénomènes caractéristiques des distances explosives à mercure, pour des potentiels et des accouplages différents. L'auteur y constate la présence de deux ondes partielles, dues, paraît-il, à l'amorçage antagoniste par le reflux d'énergie du circuit II. — **M. K. Herrmann** adresse un complément à son travail relatif à la réfraction et à la dispersion de l'hélium. — **M. K. von Wesendonk** présente quelques remarques relatives à l'*interprétation*, sur la base de la théorie cinétique des gaz, *des phénomènes d'opalescence critique*. De même que les calculs de probabilité appliqués à cette théorie permettent d'expliquer d'une façon exacte les mouvements moléculaires browniens, M. von Smoluchowski vient de démontrer, par des considérations analogues, la formation d'endroits non-homogènes à proximité de l'état critique, ce dont on a voulu se servir pour expliquer le phénomène d'opalescence. L'auteur fait remarquer qu'au point critique les portions condensées (d'une densité supérieure à la densité critique) doivent se composer de particules liquides. Or, il doit se former, entre ces dernières et les portions se trouvant à l'état de vapeur, des couches de passage présentant une certaine tension superficielle. La nébulosité du ménisque, au voisinage du point critique, fait voir précisément que le passage de l'état biphasé à l'état monophasé ne se produit pas d'une façon subite, ce qui serait, du reste, contraire aux lois naturelles. Les expériences faites déjà en 1894 par l'auteur démontraient le passage continu entre les états respectivement inférieurs et supérieurs à la température critique. — **MM. J. Franck** et **R. Pohl** reprennent le problème de la *vitesse des rayons Röntgen*. En répétant les expériences de **M. Marx**, par lesquelles cet expérimentateur, indépendamment de toute conception théorique, entendait démontrer une influence polaire exercée par les rayons X sur les décharges lumineuses autonomes, alimentées par des oscillations rapides, les auteurs font voir qu'une modification de la tension de décharge est précisément le facteur le plus important pour la réussite de ces expériences. Cette démonstration est faite à l'aide d'un indicateur de potentiel, basé à son tour sur les variations d'intensité d'une décharge lumineuse et qui, par conséquent, ne peut mesurer que les facteurs essentiels d'une décharge lumineuse. — **M. A. Wigand** adresse une Note sur la *conductibilité électrique du soufre liquide*. Les expériences de **M. R. Marc** avaient rendu probable l'existence, dans le sélénium solide, d'un équilibre de deux modifications de ce métalloïde, équilibre se déplaçant, sous l'influence d'un éclairage, dans le même sens que sous un accroissement de la température, à savoir en faveur de la composante la plus conductrice. L'isomérie analogue d'équilibre du soufre liquide autorisait à penser que la conductibilité électrique de ce dernier se comporterait d'une façon analogue à celle du sélénium solide. Les expériences très étendues, faites à l'aide d'un four électrique à résistance de platine, font cependant voir

Digitized by Google

l'absence, dans les limites des erreurs possibles, de toute influence de la lumière sur la conductibilité du soufre liquide; aussi les conductibilités individuelles des soufres soluble et insoluble ne présenteraient-elles pas de différences considérables. Les expériences ultérieures sur la relation qui existe entre la conductivité du soufre liquide et sa température rendent même probable que la conductibilité de ce métalloïde est due, non pas au soufre lui-même, mais à des impuretés (traces de gaz) présentes en faibles quantités à l'état d'électrolytes dissous. — **M. P. Gruner** présente un Mémoire relatif à une *extension de la théorie électronique des métaux* établie par Lorentz. Tout en maintenant l'hypothèse d'une seule espèce d'électrons libres mobiles (les négatifs), l'auteur applique les principes de Lorentz en les étendant par l'hypothèse de l'existence de molécules métalliques soit positives, soit électriquement neutres, dont les premières seraient capables, dans certaines circonstances, de lier les électrons négatifs, tandis que les autres pourraient être ionisées par le choc électronique. Ces hypothèses, compatibles parfaitement avec nos connaissances sur les effets mutuels des électrons et des molécules pondérables, permettront peut-être de représenter les phénomènes galvaniques et caloriques des métaux par les seuls mouvements des électrons négatifs. A. Gradenwitz.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 9 Juillet 1908.

1° Sciences mathématiques. — **M. J. Holetschek** a déterminé par son procédé la clarté, réduite à la même distance du Soleil et de la Terre, des quatre comètes à étoiles filantes : 1862 III (Perséides), 1861 I (Lyrides), Biela (Andromédides) et 1866 I (Léonides). Il constate que les deux premières sont en même temps les plus claires, les plus grandes et possèdent la plus longue queue, et que les essaims d'étoiles filantes qui sont en relation avec elles sont ceux qui se représentent le plus régulièrement.

2° Sciences physiques. — **M. S. Meyer** a déterminé la susceptibilité magnétique de l'aldébaranium et du cassiopéium d'Auer von Welsbach; pour Ad, le magnétisme atomique $k.10^6 = 9,1$; pour Cp, $k.10^6 = 1,9$. — **M. J. Donau** a constaté que les petits tubes capillaires proposés par Emich pour l'étude colorimétrique et polarimétrique des liquides en très faible quantité se prêtent également aux recherches spectroscopiques et permettent d'obtenir des spectres d'absorption très nets. — **M. M. Bamberger** a déterminé la radio-activité d'un grand nombre de sources sortant du granit aux environs du château de Tannbach. Elle varie entre 27 et 52 unités de Mach. Il a également entrepris l'étude de quelques sources de la région du Semmering au même point de vue. — **M. C. Doelter** a étudié l'action des rayons du radium et de Rœntgen sur la couleur des pierres précieuses. Le saphir ne jaunit pas toujours; quelquefois, il pâlit seulement; jauni, il redevient bleu quand on le chauffe dans un courant d'Az. Les topazes incolores ou claires deviennent oranges; chauffées dans un courant d'O, elles redeviennent incolores avec des taches rouges. Les rubis et diamants sont peu changés. — Sir **W. Ramsay** a observé que du bromure de radium, abandonné pendant deux ans, a beaucoup diminué de poids et s'est transformé presque entièrement en carbonate; dissous dans l'eau, il dégage CO^2, H^2, O^2, Az^2 et He. — MM. **R. Kremann** et **F. Hofmeier** ont constaté, d'après l'étude des courbes de fusion des mélanges eau-acide sélénique, l'existence d'un hydrate $H^2SeO^4.H^2O$, F. 25°. Entre les teneurs 45,5 et 75,5 °/₀ d'acide sélénique, le mélange renferme un hydrate $H^2SeO^4.4H^2O$, F. 51°,7. — **M. F. Emich** a observé que l'iridium se pulvérise dans la vapeur d'eau ou dans CO^2 à haute température; la variation de la pression de 1/10 à 1 atmosphère n'a que peu d'effet sur le phénomène. — **M. F. Heckel** a fait la synthèse de l'acide αω-amino-guanidinecaproïque en partant de la lysine. — **M. C. Krause** a préparé la valyl-leucylimide par le mélange des éthers de la leucine et de la valine et presque quantitativement. — **M. H. Milrath**, en chauffant des quantités équimoléculaires de benzylphénylhydrazine asymétrique et d'urée, a obtenu la benzylphénylsemicarbazide, F. 139°-140°, que l'ébullition avec l'anhydride acétique transforme en diacétylbenzylphénylhydrazine, F. 128°. En employant 2 mol. de base et 1 d'urée, on obtient la dibenzyldiphénylcarbazide, F. 169°, et la diméthyldiphénylcarbazide, F. 149°-150°. En chauffant l'urée avec une hydrazine secondaire à 270°-280°, on obtient des benzopyrazolones α-substituées. — **M. P. Zivkovic**, en chauffant la glycérine avec les phénols en présence d'acétate de Na anhydre, a obtenu une série d'éthers phénol-glycériques. — **M. R. Kremann**, en déterminant les courbes de fusion des mélanges binaires de benzène ou de phénanthrène, d'une part, et des trois dinitrobenzènes ou des trois dinitrotoluènes isomères, d'autre part, a constaté qu'aucun de ces corps nitrés n'entre en combinaison, à l'exception du p-dinitrobenzène qui donne un composé avec 3 molécules de phénanthrène. — MM. **R. Kremann** et **E. Philippi** ont constaté que le coefficient de température de l'énergie moléculaire superficielle des mélanges équimoléculaires des trois nitrophénols isomères avec l'aniline possède la valeur normale 2, 1, d'où il résulte qu'il n'existe aucune combinaison entre l'*o*-nitrophénol et l'aniline à l'état fondu, et que celles qui existent à l'état solide entre le *m*- et le *p*-nitrophénol et l'aniline sont dissociées à l'état liquide. — **M. W. Siegmund** montre que la benzoquinone additionne deux molécules de pyrocatéchine pour former une quinhydrone, la quinonepyrocatéchine; 2 mol. de benzoquinone et 1 de β-hydronaphtoquinone donnent de la quinhydrone et de la β-naphtoquinone; 1 mol. de benzoquinone et 2 de β-hydronaphtoquinone donnent de la dinaphtyldiquinhydrone. — **M. L. Radlberger** a reconnu que la guanidine, la dicyanodiamide et la mélamine se comportent vis-à-vis des acides colorants comme des bases monoacides et donnent des sels bien cristallisés. — **Mlle L. Weil** a préparé les éthers de l'acide *p*-diméthylaminocinnamique au moyen de l'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque par la réaction de Claisen. — **M. P. Lux**, en fondant la rétène-quinone avec KOH, a isolé un acide méthylisopropylbiphényl-1-carbonique, F. 132°-134°, non éthérifiable, et un acide isopropylbiphényldicarbonique, F. 247°-249°, éthérifiable. Ces faits confirment la formule du rétène de Fortner. — **M. R. Turnau** n'a pu parvenir à alkyler à l'Az les acides pyridinecarboniques αα'-substitués par l'action de CH^3I.

3° Sciences naturelles. — **M. F. Steindachner** décrit six nouvelles espèces de *Serrasalmo* et de *Myletes* de l'Amérique du Sud : *S. ternetzi*, *S. striolatus*, *S. calmoni*, *S. paraense*, *M. orbicularis* et *M. orinocensis*. — **M. G. Haberlandt** présente ses recherches sur la répartition des organes sensibles à la lumière dans les feuilles. Le type d'ocelles trouvés chez les *Acer* existe chez les *Cornus* et le *Viburnum lantana*; chez le *Morus alba*, les cystolithes fonctionnent comme lentilles convergentes et servent d'organes sensibles locaux. — — **Mlle M. Prodinger** communique ses recherches sur le périderme des Rosacées. — **M. B. Kubart** a étudié les nodules contenant des plantes pétrifiées du bassin houillier d'Ostrau-Karwin; ces nodules sont des nodules de calcite; les plantes renfermées (Lyginodendracées) sont très bien conservées. Louis Brunet.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 23 15 DÉCEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Election à l'Académie des Sciences de Paris. — Le 23 novembre dernier, l'Académie des Sciences de Paris a procédé à l'élection d'un membre dans sa Section de Physique en remplacement de H. Becquerel, élu Secrétaire perpétuel et décédé depuis lors. La Section avait présenté la liste suivante de candidats : en première ligne, MM. E. Bouty et P. Villard; en deuxième ligne, MM. D. Berthelot, Branly, A. Broca, A. Cotton, H. Pellat et A. Pérot.

Au premier tour de scrutin, M. Bouty a obtenu 37 suffrages, M. Villard 9, et M. Branly 8. En conséquence, M. Bouty a été déclaré élu.

Le nouvel académicien, qui professe depuis vingt-trois ans le cours de Physique de la Sorbonne, a apporté de nombreuses contributions aux diverses branches de cette science. Citons, en particulier, ses travaux sur le magnétisme et l'aimantation de l'acier, la conductibilité électrique des dissolutions salines, sur les flammes sensibles, sur les propriétés diélectriques du mica, sur les capacités de polarisation, sur la cohésion diélectrique des gaz. M. Bouty a édité le cours de Physique de Jamin à l'Ecole Polytechnique, qu'il a depuis lors tenu au courant des progrès de la science par plusieurs suppléments rédigés avec un grand sens didactique.

La *Revue* est heureuse de lui exprimer ses félicitations pour la distinction dont il vient d'être l'objet.

Les Médailles de la Société Royale de Londres. — Dans sa grande séance annuelle, qui s'est tenue le 30 novembre, la Société Royale de Londres a procédé à la remise des sept médailles qu'elle décerne tous les ans aux auteurs des plus grandes œuvres scientifiques récentes. Voici les noms des savants sur lesquels son choix s'est porté cette année :

Médaille Copley : M. A. Russel Wallace, pour ses nombreuses contributions à l'Histoire naturelle, en particulier la part qu'il a prise à l'édification de la théorie de l'origine des espèces par la sélection naturelle;

Médaille Rumford : M. H. A. Lorentz, l'illustre physicien hollandais, pour ses recherches en Electricité et en Optique;

Médailles Royales : M. J. Milne, pour les services qu'il a rendus à la Sismologie moderne, et M. H. Head, pour ses recherches sur le système nerveux;

Médaille Davy : M. W. A. Tilden, pour ses découvertes en Chimie, spécialement en ce qui concerne les terpènes et les chaleurs atomiques;

Médaille Darwin : M. A. Weismann, l'éminent biologiste allemand, pour ses beaux travaux à l'appui de la doctrine de l'évolution par la sélection naturelle;

Médailles Hughes : M. E. Goldstein, pour ses découvertes sur la nature de la décharge électrique dans les gaz raréfiés.

§ 2. — Nécrologie

W.-E. Ayrton. — L'Angleterre vient de perdre un de ses électriciens les plus distingués en la personne du Professeur William Edward Ayrton, décédé le 8 novembre dernier à l'âge de soixante et un ans.

Elève de Lord Kelvin, il débuta dans le Service télégraphique des Indes, dont il devint un des Surintendants. Il passa de là au Japon, où il professa pendant cinq ans la Philosophie naturelle et la Télégraphie au Collège impérial des Ingénieurs, à Tokyo. Rentré en Angleterre en 1879, il fut d'abord professeur de Physique appliquée au « City and Guilds Technical College » de Finsbury, puis, à partir de 1884, professeur d'Electricité appliquée au « City and Guilds Central College » de South Kensington. C'est surtout du laboratoire de cette dernière Institution, dont il fit le premier du monde tant au point de vue de l'enseignement qu'à celui des recherches d'Electricité appliquée, qu'est sortie une multitude de travaux et d'appareils qui ont fait connaître le nom d'Ayrton bien au delà des limites de sa patrie. C'est à son école que se sont formés beaucoup d'électriciens anglais qui comptent parmi les ingénieurs les plus distingués de notre époque.

La Société Royale de Londres lui avait ouvert ses portes et lui avait même accordé l'une de ses plus hautes récompenses, une des Médailles Royales.

Digitized by Google

§ 3. — Art de l'Ingénieur

La construction de bateaux en ciment armé. — Une très curieuse application du ciment armé, qui n'est pas nouvelle, car les premiers essais de M. Gabellini datent de 1897, mais qui, après de nombreux succès, tend à se répandre et à entrer véritablement dans la pratique, consiste dans la construction de *bateaux en ciment armé*, non encore, bien entendu, de grands navires, mais, par exemple, de bateaux de rivière de 100 à 150 tonneaux.

L'armature en barres de fer de ces bateaux est recouverte d'une enveloppe en métal déployé, destinée à solidariser les éléments de l'armature, à mieux y lier le ciment et à augmenter l'élasticité de l'ensemble, de manière à lui permettre de supporter mieux les chocs. C'est sur cette carcasse, à laquelle on donne facilement, et sans moules, les formes du navire, que l'on pose le ciment, qui se trouve ainsi emprisonné dans ses mailles, et à la surface duquel on donne un très beau poli. Cette coque en ciment armé, dont l'épaisseur est d'environ 25 millimètres, ne pèse pas plus que sa pareille en bois ou en fer, coûte moins cher, et résiste parfaitement à l'eau de mer et aux eaux acides de certaines rivières.

Encouragé par des essais des plus convaincants, le Gouvernement italien vient de commander à M. Gabellini une demi-douzaine de bateaux en ciment armé, d'une centaine de tonneaux, avec doubles parois et cloisons étanches.

On voit immédiatement avec quelle rapidité ce système de construction peut aussi s'appliquer à toute espèce de construction flottante : caissons, docks flottants, pontons; l'inventeur songe même à l'appliquer à l'établissement de cuirasses constituées par des couches alternées de quadrillages en fer et ciment, qui économiseraient, d'après lui, à résistance égale aux projectiles, de 30 à 50 °/₀ du métal; mais ceci n'est encore qu'un projet.

§ 4. — Physique

Les décharges électriques à travers les distances très petites. — On sait que la différence de potentiel nécessaire pour amorcer la décharge électrique entre une plaque et une pointe est plus grande dans le cas où la pointe est positivement électrisée que dans le cas opposé. De récentes expériences ont fait voir, d'autre part, l'existence d'un potentiel minimum nécessaire pour produire une ionisation de l'air ou du gaz intermédiaire entre les électrodes, le champ lui-même étant l'agent ionisateur. Ce potentiel, qu'on peut appeler « potentiel ionisateur minimum », serait, suivant différents observateurs, égal à 350 volts dans le cas de l'air.

Or, il est possible de réaliser, sous une différence de potentiel inférieure à cette valeur-limite de 350 volts et dans le cas où la distance séparant les électrodes est très petite, des décharges dues, paraît-il, non pas à l'ionisation du gaz intermédiaire entre les électrodes, mais aux particules projetées par ces dernières.

Dans un Mémoire récemment publié dans le *Philosophical Magazine*, n° 91, M. R. F. Earhart s'est proposé de déterminer la différence de potentiel requise pour provoquer le passage d'une étincelle entre une pointe et une plaque, dans des conditions bien définies, et à des distances comprenant la région dans laquelle les particules projetées sont les supports de la décharge.

L'auteur constate que le potentiel ionisateur minimum pour une pointe et une plaque, au sein de l'air, est d'environ 338 volts, c'est-à-dire d'environ 12 volts inférieur à la valeur précitée. La distance correspondant à cette différence de potentiel est de 1 longueur d'onde de la lumière de sodium. Pour les distances supérieures, le gradient de potentiel varie suivant que la pointe est chargée d'électricité positive ou négative. Pour les distances inférieures, la décharge est transportée par les corpuscules négatifs ou même par les ions positifs, le gradient n'étant pas déterminé, dans cette région limitée, par la polarité de la pointe.

La distance critique est plus grande dans le cas d'une pointe et d'une plaque que dans celui de deux plaques. Le potentiel critique, dans le cas d'une pointe négativement électrisée, est inférieur à celui qui correspond à une pointe positivement chargée.

Le gradient de décharge, pour les différences de potentiel inférieures au potentiel ionisateur minimum, est plus rapide dans le cas d'une pointe et d'un plan que dans celui de deux électrodes planes. Il est indépendant de la polarité de la pointe.

Les supports des décharges dues aux différences de potentiel inférieures au potentiel ionisateur minimum ne sauraient être, dans tous les cas, identiques avec les corpuscules négatifs.

La relation entre la perméabilité du fer et la fréquence d'aimantation[1]. — Suivant les recherches jusqu'ici faites sur la relation qui existe entre la perméabilité du fer et la fréquence du champ alternatif d'aimantation, l'on pouvait affirmer que la perméabilité décroît à mesure que la fréquence augmente, avec une tendance apparente à s'approcher d'une droite parallèle à l'axe des H.

Comme, dans le cas des oscillations amorties (auxquelles les expériences antérieures se rapportaient exclusivement), la présence du fer dans le circuit vibratoire entraîne d'importantes complications, M. L. Schames, dans un récent travail, a repris l'étude de ce problème pour le cas des oscillations non amorties, en se servant du procédé indiqué par M. Poulsen pour réaliser des fréquences très élevées.

L'auteur se sert, comme source de courants continus, d'une batterie d'accumulateurs dont le potentiel, suivant le nombre d'éléments utilisés, varie entre 120 et 460 volts. Dans le cas des fréquences supérieures à 20.000, il fait passer l'arc voltaïque dans la flamme d'un bec de Bunsen, ce qui produit un effet analogue à l'introduction de l'arc dans une atmosphère d'hydrogène. Pour les fréquences supérieures à 80.000, il coupe l'apport d'air au bec de Bunsen, ce qui lui permet d'atteindre des fréquences de 2.10^5, dans le cas où le circuit vibratoire renferme du fer, et vingt fois plus grandes, sans fer et avec des self-inductions et des capacités assez petites.

A l'aide d'un dispositif analogue au circuit de Poulsen, l'auteur compare deux self-inductions, en déterminant par là la perméabilité des fils de fer mince aux fréquences élevées; ce même procédé se prête à la comparaison mutuelle des capacités et à la comparaison de ces denières avec les self-inductions.

Les valeurs moyennes des perméabilités observées par l'auteur présentent, pour des fréquences croissantes, une tendance à devenir indépendantes de l'intensité du champ. Les moyennes utiles de la perméabilité du fer en essai se trouvent décroître très rapidement jusqu'à environ $n = 10.000$, pour continuer à décroître très lentement et en proportions presque linéaires.

M. Schames est en mesure de réaliser des inductions utiles bien supérieures à celles qu'on atteint avec l'aimantation par courants continus. Suivant l'hypothèse qu'il indique, la perméabilité du fer, au sein d'un champ alternatif à fréquence élevée, n'aurait pas le temps d'atteindre la valeur finale correspondant à l'aimantation par courant continu ou par courant alternatif à fréquence peu élevée. Cette hypothèse permet d'expliquer les résultats, non pas seulement de ses expériences, mais encore ceux de tous les expérimentateurs antérieurs.

[1] *Annalen der Physik*, n° 11, 1908.

Digitized by Google

§ 5. — Chimie physique

La sensibilité lumineuse des colloïdes. — La question de l'action exercée sur les colloïdes par les rayons lumineux emprunte un intérêt particulier aux problèmes de nature physico-chimique ou biologique qui s'y rattachent. Parmi ces derniers, l'action de la lumière sur l'organisme animal, ses facultés désinfectantes et curatives, occupent le premier rang, en raison de leur liaison étroite avec les expériences faites pour utiliser les rayons lumineux de différentes couleurs dans des buts thérapeutiques, en sensibilisant les tissus animaux au moyen des couleurs d'aniline.

On sait qu'en dehors des sels d'argent, il existe un grand nombre de corps sensibles à la lumière. Or, cette sensibilité se manifeste, dans certaines de ses formes, soit directement, par une modification de la couleur du corps, soit indirectement, après un traitement ultérieur à l'aide de certains agents révélateurs. La sensibilité à la lumière qu'on réalise en ajoutant des chromates à l'albumine, à la gélatine, à la gomme, se manifeste, au contraire, par une variation de la solubilité. Ces composés deviennent, en effet, difficilement solubles ou insolubles dans l'eau chauffée à une température convenable, en même temps que les endroits exposés à la lumière prennent une coloration brune due à la formation d'oxyde de chrome. Les différents procédés employés pour observer l'action de la lumière utilisent tous les changements de solubilité et d'absorption. Dans le cas de la gélatine bichromatée, qui constitue le prototype de cette classe de colloïdes, l'action de la lumière se manifeste :

1° Par la formation d'une image en relief, la gélatine au sein de l'eau se gonflant d'autant plus fortement qu'elle a été plus faiblement influencée par la lumière, ou, si l'on traite la gélatine par de l'eau à 30-40°, par la couche plus ou moins épaisse que les portions attaquées forment au-dessus des parties non attaquées, qui se dissolvent;

2° Par le traitement à l'encre d'imprimerie grasse, suivi par un mouillage à l'eau et un léger frottement. Les endroits altérés par la lumière retiennent l'encre d'imprimerie proportionnellement à l'intensité de l'action de la lumière, comme le fait voir un tirage sur papier.

Dans un Mémoire récemment présenté à l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark, M. A. A. Meisling rappelle les recherches préliminaires auxquelles il s'est livré, il y a trois ans, en collaboration avec le Dr H. Oerum, dans le but de démontrer l'existence de corps sensibles à la lumière dans la rétine dépourvue de pourpre visuel. Tout en donnant des résultats négatifs pour les yeux d'animaux dont se servaient les expérimentateurs, ces recherches ont fait voir que l'addition, non seulement de chromates, mais encore de couleurs d'aniline et de chlorophylle à la gélatine rend cette dernière sensible à la lumière. En continuant ces expériences, l'auteur s'est servi du procédé suivant :

La gélatine était employée sous la forme, soit d'une pellicule mince polie et incolore ou colorée à l'aniline, sur verre ou sur papier, soit de papier au charbon ou de papier au pigment préparés en ajoutant à la gélatine du noir de fumée ou du pigment, soit enfin sous celle de papier gommé noir mat.

La coloration de ces papiers peut avoir lieu à la clarté du jour (la sensibilité ne se produisant qu'après dessèchement), lorsqu'on plonge les papiers gélatinés dans la solution aqueuse colorante, la pellicule en haut, en ayant soin de neutraliser au préalable, par un bain ammoniacal, les acides qui s'y trouveraient. Après quinze minutes, on fait écouler le liquide coloré; on rince rapidement en plongeant le papier, fixé sur une planchette de bois, dans de l'eau froide et pure. Le dessèchement se fera à la chambre noire et le plus rapidement possible, en activant la ventilation de la chambre.

Ces recherches font voir que la gélatine non sensibilisée s'altère sous l'action de la lumière et, par conséquent, est sensible à cette dernière. Cette sensibilité se démontre, soit par la méthode des reliefs, soit par celle de transfert; en colorant après la pose la gélatine, on peut, après le transfert, rendre manifeste l'intensité de l'action de la lumière par la coloration plus ou moins forte et proportionnelle à l'épaisseur de la couche gélatineuse.

D'autre part, le papier au charbon ne présente pas cette sensibilité à la lumière, aucune des expériences répétées de l'auteur n'ayant donné de résultat positif.

On communique à la gélatine une forte sensibilité à la lumière en la colorant avec les matières colorantes de l'aniline; l'érythrosine tient le premier rang comme sensibilisatrice. D'une façon générale, cette sensibilité à la lumière diminue à mesure que la teinte de la matière colorante se rapproche de l'extrémité bleue du spectre.

En se servant de différents papiers gélatinés colorés, l'auteur réussit à produire des images colorées. En transférant, sur le même papier de transfert, les pellicules de gélatine attaquées par la lumière, il réalise des couleurs mixtes dont le caractère est proportionné à l'intensité de l'action de la lumière sur les gélatines multicolores employées.

Les papiers au charbon ou au pigment et les papiers gommés peuvent être sensibilisés par l'érythrosine ou par l'auramine. Ces papiers peuvent servir à faire des copies de négatifs photographiques; ils donnent, en effet, de très belles images au charbon ou au pigment et des épreuves photographiques à la gomme. Pour ces dernières, le transfert est superflu.

L'importance de ces recherches réside surtout dans la démonstration qu'elles fournissent d'une sensibilité lumineuse de la gélatine non sensibilisée, et du pouvoir qu'ont les couleurs d'aniline d'augmenter fortement cette sensibilité.

En raison de l'importance des colloïdes comme éléments très répandus des tissus animaux et végétaux, les études relatives aux transformations chimiques et physiques dont s'accompagne cette action de la lumière présenteront un intérêt très grand. D'autre part, les résultats de ces recherches jettent une lumière toute nouvelle sur nos vues relatives au pouvoir microbicide et curatif de la lumière, la mort des microbes étant peut-être due à la transformation de leur colloïde en une forme insoluble.

§ 6. — Chimie industrielle

L'épuration des caoutchoucs résineux. — Sous ce titre, M. H. Rousset a publié, dans la *Revue* du 30 octobre 1908, un article indiquant l'intérêt de la question et les résultats obtenus par MM. Worms et Flament. Voici, sur le même sujet, quelques observations inédites faites au laboratoire de M. J. de La Fresnaye, à Bagnolet, en 1906-1907.

La proportion de résines dans les caoutchoucs naturels est des plus variables. Certains n'en renferment que quelques centièmes (Para, para de Ceylan, Maniçoba, caoutchouc des racines, etc.). D'autres en sont un peu plus riches (Madagascar, Tonkin, etc.). Puis des Guayule, Haut-Congo, etc., déjà beaucoup moins élastiques, on arrive aux masses plus ou moins pâteuses, plastiques (Palembang, Sumatra, Gelo-Tong) ou gluantes (Gabon Flake, pâte d'Accrah). Dans ces dernières, les proportions de résine atteignent et dépassent 80 °/₀, proportion évaluée sur la matière sèche, car certaines contiennent plus de 50 °/₀ d'eau.

Plusieurs sortes, et non des moins résineuses, abandonnent d'excellents caoutchoucs quand on les débarrasse de leurs résines; et la question peut présenter, selon les prix respectifs des caoutchoucs riches et des caoutchoucs pauvres, une grande importance industrielle. L'épuration des caoutchoucs à ce point de vue offre donc un intérêt considérable.

Digitized by Google

Cette épuration ne semble guère possible que par les moyens physiques (dissolution), les agents chimiques risquant, pour la plupart, d'altérer le caoutchouc lui-même.

La dissolution de toute la masse par les dissolvants du caoutchouc, suivie de précipitation, n'est pas toujours praticable. Il est vrai qu'il en est surtout ainsi dans le cas de caoutchoucs riches et nerveux, tels que le Para, qui ne demandent pas à être traités. Pour les autres, de dissolution facile, la précipitation donne généralement un produit mou, sans ténacité et pouvant retenir plus ou moins de solvant.

On est donc ramené à une dissolution pure et simple des résines seules. Comme solvants, on peut utiliser les alcools. L'alcool méthylique n'a pas un grand pouvoir dissolvant pour bon nombre de résines. L'alcool éthylique convient mieux; mais, outre que son emploi nécessite des formalités administratives, son pouvoir dissolvant n'est pas encore suffisant. Les alcools supérieurs restent plus ou moins dans le caoutchouc et, par élévation de température, le dissolvent partiellement. L'acétone coûte cher; mais c'est, parmi les produits respectant le caoutchouc, le plus facile à employer. Plusieurs caoutchoucs, traités jusqu'à épuisement, laissent dissoudre dans l'acétone une proportion de résines plus grande que dans l'alcool éthylique. Il semble donc y avoir des résines solubles à la fois dans l'alcool et dans l'acétone, et d'autres qui ne sont solubles que dans l'acétone. De ce fait, le prix de l'acétone est un peu compensé par l'épuisement plus complet en ce qui concerne les résines qui ne sont dissoutes que par elle, et par l'épuisement plus rapide en ce qui concerne les autres. Ajoutons que la distillation de l'acétone chargée par dissolution nécessite moins de combustible que celle de l'alcool.

L'étude des résines extraites de caoutchoucs variés, faite comparativement sur divers solvants, indique, suivant ceux-ci, une grande différence de solubilité. C'est ainsi qu'une même résine, à la température de 20°, se dissolvait à raison de 40 grammes par litre dans l'acétone, de 240 grammes par litre dans l'essence de pétrole ($d = 650$).

Comme on ne saurait employer l'essence seule, qui dissoudrait le caoutchouc, il faut, pour profiter autant que possible de son grand pouvoir dissolvant, la faire entrer en proportion élevée (maxima) dans un mélange ne dissolvant pas le caoutchouc. Or, l'acétone semblant être le meilleur dissolvant pratique des résines et étant, d'ailleurs, parfaitement miscible à l'essence, il est tout naturel de la choisir pour la mélanger à cette dernière. L'expérience montre que le mélange :

Essence ($d = 650$).	4 volumes.
Acétone	3 —

est à peu près exactement celui qui, tout en respectant le caoutchouc, dissout la proportion la plus élevée de résines : il dissout 250 grammes environ par litre, à la température de 23°, de la résine prise précédemment pour type.

Ce mélange, d'ailleurs plus économique que l'acétone seule, agit donc puissamment sur les résines, et, comme l'ont constaté MM. Worms et Flament, rend la la masse « perméable à l'action dissolvante ». Mais peut-être est-ce trop dire que la massse de caoutchouc, n'étant pas solubilisée, conserve toutes ses propriétés et n'est pas altérée. Des essais comparatifs de dérésinification sur plusieurs espèces de caoutchoucs, au moyen d'acétone et du mélange acétone-essence, ont montré que l'acétone donnait le meilleur produit, même quand la dérésinification était moins complète que par le mélange, le produit obtenu en se servant du mélange étant plus mou et plus collant. Il y aurait lieu de compléter ces essais, qui n'ont porté que sur quelques types de caoutchouc et sur le solvant du caoutchouc : essence de pétrole. Mais il y a là une indication faisant entrevoir les inconvénients possibles d'un procédé perfectionné par ailleurs. Il faut noter, de plus, que l'acétone présente l'avantage, non négligeable en pratique, d'agir, à la rigueur, sur des caoutchoucs humides, mal séchés par exemple, commençant par enlever l'eau avant les résines, tandis que, par l'introduction de l'eau des caoutchoucs dans le mélange acétone-essence, la miscibilité des liquides cesse, et l'essence n'a aucune action tant que les produits sont encore mouillés. (Dans le cas particulier de l'essence, il y a, en outre, à tenir compte des fuites inévitables, provoquant des pertes importantes).

En pratique industrielle, il vaudra, en tout cas, certainement mieux pécher par excès d'acétone. D'une part, on atténuera les inconvénients de l'essence en ce qui concerne l'humidité; et, d'autre part, on ne risquera pas une dissolution malencontreuse du caoutchouc, au cas où la distillation du mélange fournirait accidentellement un liquide plus riche en essence.

A. Hanriot,
Directeur de la Cie minière et métallurgique d'Auzon (Haute-Loire).

§ 7. — Zoologie appliquée

L'élevage de l'autruche dans la colonie du Cap. — L'introduction de l'élevage de l'autruche en Tunisie et dans l'Afrique occidentale française est actuellement à l'étude[1]. Il nous paraît intéressant d'indiquer les résultats auxquels on est arrivé dans la colonie du Cap, qui est, en quelque sorte, la terre classique de cette branche très spéciale d'activité économique.

Un récent travail de M. Laurent-Cochelet[2] distingue les régions cultivées et les régions arides. Dans les districts où la luzerne est plantée, une ferme peut nourrir de 6 à 12 autruches par année et par morgen (0,81 hectare). Le nombre des oiseaux varie suivant la richesse du sol et la quantité d'eau disponible. Comme l'autruche ne mange que les feuilles et les rejetons supérieurs de la luzerne, le gros bétail (chevaux et mulets), qui consomme les tiges, peut être mis à pâturer avec les oiseaux.

Un couple de bons oiseaux reproducteurs donnera par année trois couvées de 10 à 12 autruches chacune. Le prix habituel d'un autruchon varie entre 37 fr. 50 et 50 francs; il peut atteindre 250 francs.

La valeur moyenne des plumes récoltées dans l'année est difficile à déterminer; elle varie dans de larges limites, depuis 8 fr. 75, pour celles d'un jeune oiseau, jusqu'à 250 francs et même davantage, s'il s'agit d'un oiseau mâle de premier choix. Les quantités et les prix des plumes varient avec les conditions climatériques et les fluctuations du marché.

Dans les grands espaces non cultivés (veld), on doit compter au moins 5, 67 hectares pour chaque oiseau, et encore faut-il que le terrain soit bon. Dans les plaines désertiques du Karrou, il faut au moins 16 hectares pour nourrir un seul oiseau. De plus, les autruches élevées dans ces conditions sont sauvages et leurs plumes n'ont pas la qualité de celles que l'on obtient par l'élevage dans les régions à luzerne.

La température des différents centres d'élevage varie dans les limites suivantes : température annuelle moyenne: 19°,3 C. à 16°3; température annuelle moyenne: maximum de 29° à 19°,8, minimum de 13°,3 à 8°,3; température la plus élevée de l'année : 46°,6 à 34°,2; température la plus basse de l'année: de 3°,8 à — 4°,5.

Le dernier recensement, effectué en 1904, avait donné 357.950 autruches pour la colonie du Cap; on estime que leur nombre a doublé aujourd'hui. Quant aux plumes, l'année 1907 constitue un record: elle a fourni une récolte de 255.250 kilogs, d'une valeur de 45 millions

[1] Cf. L'élevage de l'autruche. *Bulletin mensuel de l'Office du Gouvernement Tunisien*, 15 septembre 1908.

[2] Laurent-Cochelet : L'élevage de l'autruche dans la colonie du Cap. *Moniteur officiel du Commerce*, 8 octobre 1908.

Digitized by Google

de francs. La création d'une station d'oiseaux reproducteurs de choix ne manquera pas d'accroître encore la prospérité de cette branche d'élevage. Ajoutons enfin qu'un professeur de Zoologie à « Rhodes University College », M. J.-E. Duerden, étudie, depuis deux ans, la question des « barres » dans les plumes d'autruche et le meilleur moyen de les supprimer.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

§ 8. — Physiologie

L'auto-électrisation du corps humain. — M. A. Heydweiller, il y a six ans, étudiait[1] la question de savoir si le corps humain, sans action extérieure, est susceptible de se charger d'électricité. L'aiguille d'un électromètre à quadrants ayant été chargée à un potentiel de quelques centaines de volts, l'une des paires de quadrants a été reliée à la terre et l'autre à une plaque métallique isolée. La personne en essai portait une main à proximité de la plaque, à 5 à 10 centimètres de cette dernière, et, sans modifier la position de cette main, montait sur un escabeau isolant. L'électromètre accusait alors une déviation caractéristique d'une charge négative de la main, et qui ne disparaissait que lentement. La grandeur de cette déviation et le temps qu'elle mettait à disparaître changeaient suivant la disposition personnelle du sujet et les conditions météorologiques. Des expériences de contrôle, dans lesquelles une autre plaque chargée jusqu'à déviation électrométrique égale était substituée à la main, faisaient voir que la charge de cette dernière avait été intermédiaire entre quelques centaines de volts et mille volts. Ces mêmes phénomènes se constataient sur le corps nu.

Les expériences faites au sujet de l'influence de certains mouvements ont permis de constater que la génuflexion provoque une électrisation positive et la tension des muscles intérieurs du genou une électrisation négative de la main, tandis que la contraction du biceps donne une charge négative et sa tension une charge positive. Le caractère des charges concorderait, dans tous les cas, avec les forces électromotrices résultant, suivant E. du Bois-Reymond, de la direction des courants musculaires. Comme, d'autre part, la cuisse présentait toujours une charge opposée à celle de la main, M. Heydweiller a pu constater le fait surprenant qu'à l'inverse des idées courantes — suivant lesquelles le corps humain serait un conducteur *relativement* bon de l'électricité — des charges opposées, d'une tension fort considérable, peuvent coexister pendant assez longtemps à proximité les unes des autres. Comme, enfin, les portions de la peau en contact avec les fils conducteurs devaient être bien humectées, M. Heydweiller croyait devoir localiser ces charges statiques dans des couches peu conductrices de l'épiderme.

Ce même problème vient d'être étudié par deux savants russes, MM. S. Téréchine et A. Géorgievski, dont les résultats[2] diffèrent, à certains égards, de ceux de l'expérimentateur précédent. Leurs expériences étaient disposées d'une façon essentiellement identique à celles de M. Heydweiller. Un tube de verre vertical à parois épaisses, fixé avec de la paraffine sur la plaque métallique isolée communiquant avec l'une des paires de quadrants, a servi comme support de la main, maintenant constante la distance entre cette dernière et la plaque. Dans une autre série d'expériences, une paire de quadrants a été reliée à un cylindre en toile métallique, entourant soit les épaules, soit les jambes de la personne en expérience. Tandis que les résultats qualitatifs de la première série sont identiques à ceux de M. Heydweiller, les tensions électriques de 10 à 15 volts constatées par les savants russes sont bien inférieures à celles de l'auteur précédent. Les expériences faites sur des sujets nus ont cependant donné des résultats nettement divergents.

L'électrisation du corps constatée pendant la contraction et la tension des genoux est extrêmement faible ou n'existe pas du tout en l'absence de vêtements. Si elle existe, cette électrisation est de signe opposé, dans une partie donnée du corps, suivant que le genou est contracté ou tendu.

D'autre part, l'on ne constate pas de différence entre l'électrisation de la main et du fémur, pour des mouvements identiques du corps nu. La matière du tabouret sur lequel est placée la personne en expérience influe, sans aucun doute, sur le signe et la grandeur absolue de la charge. Sur une banquette en bois, l'électrisation de la main, pendant la génuflexion, est positive, et sur une banquette en verre, négative.

Si les vêtements du sujet sont exclusivement en coton ou en laine, la charge constatée pendant la génuflexion sur un tabouret en bois est négative et, pendant la tension des genoux, positive. Cette électrisation change aussitôt qu'on met un vêtement de laine sur le tissu de coton. L'électrisation est maxima si le vêtement enveloppant immédiatement la peau est en laine, et minima dans le cas de vêtements en laine et en coton mis les uns sur les autres. Le vêtement extérieur se chargera alors de l'électricité opposée à la charge du corps. Pendant la génuflexion, la capacité du système entier diminue.

Les expérimentateurs russes tirent, de ces observations, la conclusion que l'électrisation spontanée du corps est due, non pas à la contraction des muscles, mais au frottement des pieds sur le tabouret isolant et à celui des vêtements sur le corps et des vêtements supérieurs et inférieurs les uns sur les autres. La série de tensions correspondant aux lois de l'électricité de frottement (verre, corps humain, laine, coton, bois, soie, paraffine, ébonite) explique parfaitement les observations résumées dans les derniers alinéas.

Quant à la différence d'électrisation qui se constate pendant la contraction et la tension des genoux respectivement, les expérimentateurs en donnent une explication quelque peu compliquée. Pendant la génuflexion, l'étoffe du vêtement frotterait surtout sur les parties flexibles du corps, c'est-à-dire sur les genoux. Comme, cependant, les surfaces de frottement sont appliquées fortement les unes contre les autres, de façon à constituer, en quelque sorte, les armatures d'un condensateur, cette électrisation ne peut guère se manifester. Dans les parties du corps sans contact direct avec les vêtements, la génuflexion réduit en général l'intervalle qui les sépare : la charge négative restante du vêtement provoquera une électrisation positive des parties voisines de la surface du corps, tandis que la charge négative se communique à des parties éloignées. C'est ainsi que la génuflexion produirait une électrisation négative de la main. La charge positive qui se constate pendant la tension des genoux s'expliquerait par le procédé inverse, et les phénomènes présentés par les vêtements doubles s'interpréteraient d'une façon analogue. Les auteurs énoncent également des hypothèses propres à expliquer les différences d'électrisation constatées sur les sujets nus pendant la contraction et la tension de leurs genoux. Dans les cas où l'on constate, sur le corps, des charges statiques dues au frottement, il faudrait considérer soit les cheveux, soit les vêtements, comme lieux d'accumulation des charges.

[1] *Annalen der Physik*, 4e série, t. VIII, 1902.
[2] *Himmel und Erde*, n° 9, 1908.

Digitized by Google

L'AVENIR DES MATHÉMATIQUES [1]

Pour prévoir l'avenir des Mathématiques, la vraie méthode est d'en étudier l'histoire et l'état présent.

N'est-ce pas là, pour nous autres mathématiciens, un procédé en quelque sorte professionnel? Nous sommes accoutumés *à extrapoler*, ce qui est un moyen de déduire l'avenir du passé et du présent, et, comme nous savons bien ce qu'il vaut, nous ne risquons pas de nous faire illusion sur la portée des résultats qu'il nous donne.

Il y a eu autrefois des prophètes de malheur. Ils répétaient volontiers que tous les problèmes susceptibles d'être résolus l'avaient été déjà, et qu'après eux il n'y aurait plus qu'à glaner. Heureusement, l'exemple du passé nous rassure. Bien des fois déjà on a cru avoir résolu tous les problèmes, ou tout au moins avoir fait l'inventaire de ceux qui comportent une solution. Puis le sens du mot solution s'est élargi, les problèmes insolubles sont devenus les plus intéressants de tous, et d'autres problèmes se sont posés, auxquels on n'avait pas songé. Pour les Grecs, une bonne solution était celle qui n'emploie que la règle et le compas; ensuite, cela a été celle qu'on obtient par l'extraction de radicaux, puis celle où ne figurent que des fonctions algébriques ou logarithmiques. Les pessimistes se trouvaient ainsi toujours débordés, toujours forcés de reculer, de sorte qu'à présent je crois bien qu'il n'y en a plus.

Mon intention n'est donc pas de les combattre puisqu'ils sont morts; nous savons bien que les Mathématiques continueront à se développer, mais il s'agit de savoir dans quel sens. On me répondra : « dans tous les sens », et cela est vrai en partie; mais, si cela était tout à fait vrai, cela deviendrait un peu effrayant. Nos richesses ne tarderaient pas à devenir encombrantes et leur accumulation produirait un fatras aussi impénétrable que l'était pour l'ignorant la vérité inconnue.

L'historien, le physicien lui-même, doivent faire un choix entre les faits; le cerveau du savant, qui n'est qu'un coin de l'Univers, ne pourra jamais contenir l'Univers tout entier; de sorte que, parmi les faits innombrables que la Nature nous offre, il en est qu'on laissera de côté et d'autres qu'on retiendra. Il en est de même, *a fortiori*, en Mathématiques; le mathématicien, lui non plus, ne peut conserver pêle-mêle tous les faits qui se présentent à lui; d'autant plus que ces faits, c'est lui, j'allais dire c'est son caprice, qui les crée. C'est lui qui construit de toutes pièces une combinaison nouvelle en en rapprochant les éléments; ce n'est pas, en général, la Nature qui la lui apporte toute faite.

Sans doute, il arrive quelquefois que le mathématicien aborde un problème pour satisfaire à un besoin de la Physique; que le physicien ou l'ingénieur lui demandent de calculer un nombre en vue d'une application. Dira-t-on que, nous autres géomètres, nous devons nous borner à attendre les commandes, et, au lieu de cultiver notre science pour notre plaisir, n'avoir d'autre souci que de nous accommoder au goût de la clientèle? Si les Mathématiques n'ont d'autre objet que de venir en aide à ceux qui étudient la Nature, c'est de ces derniers que nous devons attendre le mot d'ordre. Cette façon de voir est-elle légitime? Certainement non; si nous n'avions pas cultivé les sciences exactes pour elles-mêmes, nous n'aurions pas créé l'instrument mathématique, et, le jour où serait venu le mot d'ordre du physicien, nous aurions été désarmés.

Les physiciens, non plus, n'attendent pas, pour étudier un phénomène, que quelque besoin urgent de la vie matérielle leur en ait fait une nécessité, et ils ont bien raison; si les savants du XVIIIe siècle avaient délaissé l'électricité, parce qu'elle n'aurait été à leurs yeux qu'une curiosité sans intérêt pratique, nous n'aurions au XXe siècle ni télégraphie, ni électrochimie, ni électrotechnique. Les physiciens, forcés de choisir, ne sont donc pas guidés dans leur choix uniquement par l'utilité. Comment donc font-ils pour choisir entre les faits naturels? Nous pouvons le dire aisément : les faits qui les intéressent ce sont ceux qui peuvent conduire à la découverte d'une loi; ce sont donc ceux qui sont analogues à beaucoup d'autres faits, qui ne nous apparaissent pas comme isolés, mais comme étroitement groupés avec d'autres. Le fait isolé frappe tous les yeux, ceux du vulgaire comme ceux du savant. Mais ce que le vrai physicien seul sait voir, c'est le lien qui unit plusieurs faits dont l'analogie est profonde, mais cachée. L'anecdote de la pomme de Newton n'est probablement pas vraie, mais elle est symbolique; parlons-en donc comme si elle était vraie. Eh bien, nous devons croire qu'avant Newton bien des hommes avaient vu tomber des pommes; aucun n'avait rien su en conclure. Les faits seraient stériles s'il n'y avait pas des esprits capables de

[1] Conférence lue dans la séance générale du 10 avril 1908 du *IVe Congrès international des Mathématiciens* (Rome, 6-11 avril 1908) et publiée précédemment en brochure par les soins et aux frais du Cercle mathématique de Palerme. M. Poincaré n'ayant pu lire cette Conférence par suite d'une indisposition, c'est M. Darboux qui a bien voulu se charger d'en donner lecture. Nous remercions bien vivement M. Guccia de l'autorisation qu'il nous a aimablement donnée de la reproduire ici.

Digitized by Google

choisir entre eux, en discernant ceux derrière lesquels il se cache quelque chose et de reconnaître ce qui se cache derrière, des esprits qui, sous le fait brut, sentiront l'âme du fait.

En Mathématiques, nous faisons tout à fait la même chose : des éléments variés dont nous disposons, nous pouvons faire sortir des millions de combinaisons différentes; mais une de ces combinaisons, tant qu'elle est isolée, est absolument dépourvue de valeur; nous avons pris souvent beaucoup de peine pour la construire, mais cela ne sert absolument à rien, si ce n'est peut-être à donner un sujet de devoir pour l'enseignement secondaire. Il en sera tout autrement le jour où cette combinaison prendra place dans une classe de combinaisons analogues et où nous aurons remarqué cette analogie; nous ne serons plus en présence d'un fait, mais d'une loi. Et, ce jour-là, le véritable inventeur, ce ne sera pas l'ouvrier qui aura patiemment édifié quelques-unes de ces combinaisons, ce sera celui qui en aura mis en évidence la parenté. Le premier n'aura vu que le fait brut, l'autre seul aura senti l'âme du fait. Souvent, pour affirmer cette parenté, il lui aura suffi d'inventer un mot nouveau, et ce mot aura été créateur; l'histoire de la science nous fournirait une foule d'exemples qui vous sont familiers.

Le célèbre philosophe viennois Mach a dit que le rôle de la Science est de produire l'économie de pensée, de même que la machine produit l'économie d'effort. Et cela est très juste. Le sauvage calcule avec ses doigts ou en assemblant de petits cailloux. En apprenant aux enfants la table de multiplication, nous leur épargnons pour plus tard d'innombrables manœuvres de cailloux. Quelqu'un, autrefois, a reconnu, avec des cailloux ou autrement, que 6 fois 7 font 42; il a eu l'idée de noter le résultat, et c'est pour cela que nous n'avons pas besoin de recommencer. Celui-là n'a pas perdu son temps, si même il ne calculait que pour son plaisir; son opération ne lui a pris que deux minutes; elle en aurait exigé en tout deux milliards, si un milliard d'hommes avait dû la recommencer après lui.

L'importance d'un fait se mesure donc à son rendement, c'est-à-dire à la quantité de pensée qu'elle nous permet d'économiser.

En Physique, les faits à grand rendement sont ceux qui rentrent dans une loi très générale, parce qu'ils permettent d'en prévoir un très grand nombre d'autres, et il n'en est pas autrement en Mathématiques. Je me suis livré à un calcul compliqué et je suis arrivé péniblement à un résultat; je ne serai pas payé de ma peine si je ne suis devenu par là capable de prévoir les résultats d'autres calculs analogues et de les diriger à coup sûr, en évitant les tâtonnements auxquels j'ai dû me résigner la première fois. Je n'aurai pas perdu mon temps, au contraire, si ces tâtonnements mêmes ont fini par me révéler l'analogie profonde du problème que je viens de traiter avec une classe beaucoup plus étendue d'autres problèmes; s'ils m'en ont montré à la fois les ressemblances et les différences; si, en un mot, ils m'ont fait entrevoir la possibilité d'une généralisation. Ce n'est pas alors un résultat nouveau que j'aurai acquis, c'est une force nouvelle.

Une formule algébrique qui nous donne la solution d'un type de problèmes numériques, pourvu que l'on remplace à la fin les lettres par des nombres, est l'exemple simple qui se présente tout d'abord à l'esprit. Grâce à elle, un seul calcul algébrique nous épargne la peine de recommencer sans cesse de nouveaux calculs numériques. Mais ce n'est là qu'un exemple grossier; tout le monde sent qu'il y a des analogies qui ne peuvent s'exprimer par une formule et qui sont les plus précieuses.

Si un résultat nouveau a du prix, c'est quand, en reliant des éléments connus depuis longtemps, mais jusque-là épars et paraissant étrangers les uns aux autres, il introduit subitement l'ordre là où régnait l'apparence du désordre. Il nous permet alors de voir d'un coup d'œil chacun de ces éléments et la place qu'il occupe dans l'ensemble. Ce fait nouveau non seulement est précieux par lui-même, mais lui seul donne leur valeur à tous les faits anciens qu'il relie. Notre esprit est infirme comme le sont nos sens; il se perdrait dans la complexité du monde si cette complexité n'était harmonieuse; il n'en verrait que les détails à la façon d'un myope et il serait forcé d'oublier chacun de ces détails avant d'examiner le suivant, parce qu'il serait incapable de tout embrasser. Les seuls faits dignes de notre attention sont ceux qui introduisent de l'ordre dans cette complexité et la rendent ainsi accessible.

Les mathématiciens attachent une grande importance à l'élégance de leurs méthodes et de leurs résultats; ce n'est pas là du pur dilettantisme. Qu'est-ce qui nous donne, en effet, dans une solution, dans une démonstration, le sentiment de l'élégance? C'est l'harmonie des diverses parties, leur symétrie, leur heureux balancement; c'est, en un mot, tout ce qui y met de l'ordre, tout ce qui leur donne de l'unité, ce qui nous permet, par conséquent, d'y voir clair et d'en comprendre l'ensemble en même temps que les détails. Mais, précisément, c'est là aussi ce qui lui donne un grand rendement; en effet, plus nous verrons cet ensemble clairement et d'un seul coup d'œil, mieux nous apercevrons ses analogies avec d'autres objets voisins, plus, par conséquent, nous aurons de chances de deviner les généralisations possibles. L'élégance peut provenir du sentiment de l'imprévu par la rencontre inattendue d'objets qu'on n'est pas accoutumé à rap-

Digitized by Google

procher; là encore elle est féconde, même quand elle ne résulte que du contraste entre la simplicité des moyens et la complexité du problème posé; elle nous fait alors réfléchir à la raison de ce contraste et, le plus souvent, elle nous fait voir que cette raison n'est pas le hasard et qu'elle se trouve dans quelque loi insoupçonnée. En un mot, le sentiment de l'élégance mathématique n'est autre chose que la satisfaction due à je ne sais quelle adaptation entre la solution que l'on vient de découvrir et les besoins de notre esprit, et c'est à cause de cette adaptation même que cette solution peut être pour nous un instrument. Cette satisfaction esthétique est, par suite, liée à l'économie de pensée. C'est ainsi que les cariatides de l'Érechthéion, par exemple, nous semblent élégantes parce qu'elles portent un lourd fardeau avec souplesse et pour ainsi dire allègrement, et qu'elles nous donnent ainsi le sentiment de l'économie de l'effort.

C'est pour la même raison que, quand un calcul un peu long nous a conduits à quelque résultat simple et frappant, nous ne sommes pas satisfaits tant que nous n'avons pas montré que nous aurions *pu prévoir*, sinon ce résultat tout entier, du moins ses traits les plus caractéristiques. Pourquoi? Qu'est-ce qui nous empêche de nous contenter d'un calcul qui nous a appris, semble-t-il, tout ce que nous désirions savoir? C'est parce que, dans des cas analogues, le long calcul ne pourrait pas ressservir, et qu'il n'en est pas de même du raisonnement souvent à demi intuitif qui aurait pu nous permettre de prévoir. Ce raisonnement étant court, on en voit d'un seul coup toutes les parties, de sorte qu'on aperçoit immédiatement ce qu'il y faut changer pour l'adapter à tous les problèmes de même nature qui peuvent se présenter. Et, puisqu'il nous permet de prévoir si la solution de ces problèmes sera simple, il nous montre tout au moins si le calcul mérite d'être entrepris.

Ce que nous venons de dire suffit pour montrer combien il serait vain de chercher à remplacer par un procédé mécanique quelconque la libre initiative du mathématicien. Pour obtenir un résultat qui ait une valeur réelle, il ne suffit pas de moudre des calculs ou d'avoir une machine à mettre les choses en ordre; ce n'est pas seulement l'ordre, c'est l'ordre inattendu qui vaut quelque chose. La machine peut mordre sur le fait brut, l'âme du fait lui échappera toujours.

Depuis le milieu du siècle dernier, les mathématiciens sont de plus en plus soucieux d'atteindre à l'absolue rigueur; ils ont bien raison, et cette tendance s'accentuera de plus en plus. En Mathématiques, la rigueur n'est pas tout, mais sans elle il n'y a rien; une démonstration qui n'est pas rigoureuse, c'est le néant. Je crois que personne ne contestera cette vérité. Mais, si on la prenait trop à la lettre, on serait amené à conclure qu'avant 1820, par exemple, il n'y avait pas de Mathématiques. Ce serait manifestement excessif; les géomètres de ce temps sous-entendaient volontiers ce que nous expliquons par de prolixes discours; cela ne veut pas dire qu'ils ne le voyaient pas du tout; mais ils passaient là-dessus trop rapidement, et, pour le bien voir, il aurait fallu qu'ils prissent la peine de le dire.

Seulement est-il toujours nécessaire de le dire tant de fois; ceux qui, les premiers, se sont préoccupés avant tout de la rigueur, nous ont donné des raisonnements que nous pouvons essayer d'imiter; mais, si les démonstrations de l'avenir doivent être bâties sur ce modèle, les traités de Mathématiques vont devenir bien longs; et, si je crains les longueurs, ce n'est pas seulement parce que je redoute l'encombrement des bibliothèques, mais parce que je crains qu'en s'allongeant nos démonstrations perdent cette apparence d'harmonie dont j'ai expliqué tout à l'heure le rôle utile.

C'est à l'économie de pensée que l'on doit viser; ce n'est donc pas assez de donner des modèles à imiter. Il faut qu'on puisse après nous se passer de ces modèles et, au lieu de répéter un raisonnement déjà fait, le résumer en quelques lignes. Et c'est à quoi l'on a déjà réussi quelquefois; par exemple, il y avait tout un type de raisonnements qui se ressemblaient tous et qu'on retrouvait partout; ils étaient parfaitement rigoureux, mais ils étaient longs. Un jour, on a imaginé le mot d'uniformité de la convergence et ce mot seul les a rendus inutiles; on n'a plus eu besoin de les répéter puisqu'on pouvait les sous-entendre. Les coupeurs de difficultés en quatre peuvent donc nous rendre un double service; c'est d'abord de nous apprendre à faire comme eux au besoin, mais c'est surtout de nous permettre le plus souvent possible de ne pas faire comme eux, sans pourtant rien sacrifier de la rigueur.

Nous venons de voir, par un exemple, quelle est l'importance des mots en Mathématiques, mais j'en pourrais citer beaucoup d'autres. On ne saurait croire combien un mot bien choisi peut économiser de pensée, comme disait Mach. Je ne sais si je n'ai déjà dit quelque part que la Mathémathique est l'art de donner le même nom à des choses différentes. Il faut s'entendre. Il convient que ces choses, différentes par la matière, soient semblables par la forme, qu'elles puissent, pour ainsi dire, se couler dans le même moule. Quand le langage a été bien choisi, on est tout étonné de voir que toutes les démonstrations, faites pour un objet connu, s'appliquent immédiatement à beaucoup d'objets nouveaux; on n'a rien à y changer, pas

Digitized by Google

même les mots, puisque les noms sont devenus les mêmes.

Il y a un exemple qui se présente tout d'abord à l'esprit : ce sont les quaternions, sur lesquels je n'ai pas à insister. Un mot bien choisi suffit, le plus souvent, pour faire disparaître les exceptions que comportaient les règles énoncées dans l'ancien langage ; c'est pour cela qu'on a imaginé les quantités négatives, les quantités imaginaires, les points à l'infini, que sais-je encore ? Et les exceptions, ne l'oublions pas, sont pernicieuses, parce qu'elles cachent les lois.

Eh bien, c'est l'un des caractères auxquels on reconnaît les faits à grand rendement d'être les faits qui permettent ces heureuses innovations de langage. Le fait brut est alors quelquefois sans grand intérêt ; on a pu le signaler bien des fois sans avoir rendu grand service à la science ; il ne prend de valeur que le jour où un penseur mieux avisé aperçoit le rapprochement qu'il met en évidence et le symbolise par un mot.

Les physiciens, d'ailleurs, agissent absolument de même ; ils ont inventé le mot d'énergie, et ce mot a été prodigieusement fécond, parce que lui aussi créait la loi en éliminant les exceptions, parce qu'il donnait le même nom à des choses différentes par la matière et semblables par la forme.

Parmi les mots qui ont exercé la plus heureuse influence, je signalerai ceux de groupe et d'invariant. Ils nous ont fait apercevoir l'essence de bien des raisonnements mathématiques ; ils nous ont montré dans combien de cas les anciens mathématiciens considéraient des groupes sans le savoir, et comment, se croyant bien éloignés les uns des autres, ils se trouvaient tout à coup rapprochés sans comprendre pourquoi.

Nous dirions aujourd'hui qu'ils avaient envisagé des groupes isomorphes. Nous savons maintenant que, dans un groupe, la matière nous intéresse peu, que c'est la forme seule qui importe, et que, quand on connaît bien un groupe, on connaît par cela même tous les groupes isomorphes ; grâce à ces mots de groupes et d'isomorphisme, qui résument en quelques syllabes cette règle subtile et la rendent promptement familière à tous les esprits, le passage est immédiat et peut se faire en économisant tout effort de pensée. L'idée de groupe se rattache d'ailleurs à celle de transformation. Pourquoi attache-t-on tant de prix à l'invention d'une transformation nouvelle ? Parce que, d'un seul théorème, elle nous permet d'en tirer dix ou vingt ; elle a la même valeur qu'un zéro ajouté à la droite d'un nombre entier.

Voilà ce qui a déterminé jusqu'ici le sens du mouvement de la science mathématique, et c'est aussi bien certainement ce qui le déterminera dans l'avenir. Mais la nature des problèmes qui se posent y contribue également. Nous ne pouvons oublier quel doit être notre but ; selon moi, ce but est double : notre science confine à la fois à la Philosophie et à la Physique, et c'est pour nos deux voisines que nous travaillons ; aussi nous avons toujours vu et nous verrons encore les mathématiciens marcher dans deux directions opposées.

D'une part, la science mathématique doit réfléchir sur elle-même, et cela est utile, parce que réfléchir sur elle-même, c'est réfléchir sur l'esprit humain qui l'a créée, d'autant plus que c'est celle de ses créations pour laquelle il a fait le moins d'emprunts au dehors. C'est pourquoi certaines spéculations mathématiques sont utiles, comme celles qui visent l'étude des postulats, des géométries inaccoutumées, des fonctions à allures étranges. Plus ces spéculations s'écarteront des conceptions les plus communes, et par conséquent de la Nature et des applications, mieux elles nous montreront ce que l'esprit humain peut faire, quand il se soustrait de plus en plus à la tyrannie du monde extérieur, mieux, par conséquent, elles nous le feront connaître en lui-même.

Mais c'est du côté opposé, du côté de la Nature, qu'il faut diriger le gros de notre armée.

Là nous rencontrons le physicien ou l'ingénieur qui nous disent : « Pourriez-vous m'intégrer telle équation différentielle ; j'en aurais besoin d'ici à huit jours en vue de telle construction qui doit être terminée pour cette date. » « Cette équation, répondons-nous, ne rentre pas dans l'un des types intégrables ; vous savez qu'il n'y en a pas beaucoup. » « Oui, je le sais, mais alors à quoi servez-vous ? » Le plus souvent, il suffirait de s'entendre ; l'ingénieur, en réalité, n'a pas besoin de l'intégrale en termes finis ; il a besoin de connaître l'allure générale de la fonction intégrale, ou simplement il voudrait un certain chiffre qui se déduirait facilement de cette intégrale si on la connaissait. Ordinairement on ne la connaît pas, mais on pourrait calculer ce chiffre sans elle, si l'on savait au juste de quel chiffre l'ingénieur a besoin et avec quelle approximation.

Autrefois, on ne considérait une équation comme résolue que quand on en avait exprimé la solution à l'aide d'un nombre fini de fonctions connues ; mais cela n'est possible qu'une fois sur cent à peine. Ce que nous pouvons toujours faire, ou plutôt ce que nous devons toujours chercher à faire, c'est de résoudre le problème *qualitativement* pour ainsi dire, c'est-à-dire de chercher à connaître la forme générale de la courbe qui représente la fonction inconnue.

Il reste ensuite à trouver la solution *quantitative* du problème ; mais, si l'inconnue ne peut être

Digitized by Google

déterminée par un calcul fini, on peut la représenter toujours par une série infinie convergente qui permet de la calculer. Cela peut-il être regardé comme une vraie solution? On raconte que Newton communiqua à Leibnitz un anagramme à peu près comme ceci : *aaaaabbbeeeeii*, etc. Leibnitz, naturellement, n'y comprit rien du tout; mais nous, qui avons la clef, nous savons que cet anagramme veut dire, en le traduisant dans le langage moderne : Je sais intégrer toutes les équations différentielles, et nous sommes amenés à nous dire que Newton avait bien de la chance ou qu'il se faisait de singulières illusions. Il voulait dire, tout simplement, qu'il pouvait former (par la méthode des coefficients indéterminés) une série de puissances satisfaisant formellement à l'équation proposée.

Une semblable solution ne nous satisferait plus aujourd'hui, et cela pour deux raisons : parce que la convergence est trop lente, et parce que les termes se succèdent sans obéir à cette loi. Au contraire, la série Θ nous paraît ne rien laisser à désirer, d'abord parce qu'elle converge très vite (cela, c'est pour le praticien qui désire avoir son nombre le plus promptement possible), et ensuite parce que nous apercevons d'un coup d'œil la loi des termes (cela, c'est pour satisfaire les besoins esthétiques du théoricien).

Mais alors il n'y a plus des problèmes résolus et d'autres qui ne le sont pas; il y a seulement des problèmes *plus ou moins* résolus, selon qu'ils le sont par une série de convergence plus ou moins rapide, ou régie par une loi plus ou moins harmonieuse. Il arrive toutefois qu'une solution imparfaite nous achemine vers une solution meilleure. Quelquefois, la série est de convergence si lente que le calcul est impraticable et qu'on a seulement réussi à démontrer la possibilité du problème.

Et alors l'ingénieur trouve cela dérisoire, et il a raison, puisque cela ne l'aidera pas à terminer sa construction pour la date fixée. Il se préoccupe peu de savoir si cela sera utile aux ingénieurs du XXIIe siècle; nous, nous pensons autrement et nous sommes quelquefois plus heureux d'avoir économisé un jour de travail à nos petits-fils qu'une heure à nos contemporains.

Quelquefois, en tâtonnant, empiriquement pour ainsi dire, nous arrivons à une formule suffisamment convergente. Que voulez-vous de plus, nous dit l'ingénieur; et nous, malgré tout, nous ne sommes pas satisfaits; nous aurions voulu *prévoir* cette convergence. Pourquoi? parce que, si nous avions su la prévoir une fois, nous saurions la prévoir une autre fois. Nous avons réussi : c'est peu de chose à nos yeux si nous n'avons sérieusement l'espoir de recommencer.

A mesure que la science se développe, il devient plus difficile de l'embrasser tout entière; alors on cherche à la couper en morceaux, à se contenter de l'un de ces morceaux : en un mot, à se spécialiser. Si l'on continuait dans ce sens, ce serait un obstacle fâcheux aux progrès de la Science. Nous l'avons dit, c'est par des rapprochements inattendus entre ses diverses parties que ses progrès peuvent se faire. Trop se spécialiser, ce serait s'interdire ces rapprochements. Espérons que des Congrès comme celui-ci, en nous mettant en rapport les uns avec les autres, nous ouvriront des vues sur le champ du voisin, nous obligeront à le comparer au nôtre, à sortir un peu de notre petit village, et seront ainsi le meilleur remède au danger que je viens de signaler.

Mais je me suis trop attardé à des généralités, il est temps d'entrer dans le détail.

Passons en revue les diverses sciences particulières dont l'ensemble forme les Mathémathiques; voyons ce que chacune d'elles a fait, où elle tend, et ce qu'on peut en espérer. Si les vues qui précèdent sont justes, nous devons voir que les grands progrès du passé se sont produits lorsque deux de ces sciences se sont rapprochées, lorsqu'on a pris conscience de la similitude de leur forme, malgré la dissemblance de leur matière, lorsqu'elles se sont modelées l'une sur l'autre, de telle façon que chacune d'elles puisse profiter de l'autre. Nous devons en même temps entrevoir, dans des rapprochements du même genre, les progrès de l'avenir.

I. — L'Arithmétique.

Les progrès de l'Arithmétique ont été plus lents que ceux de l'Algèbre et de l'Analyse, et il est aisé de comprendre pourquoi. Le sentiment de la continuité est un guide précieux qui fait défaut à l'arithméticien; chaque nombre entier est séparé des autres, il a pour ainsi dire son individualité propre; chacun d'eux est une sorte d'exception, et c'est pourquoi les théorèmes généraux seront plus rares dans la Théorie des nombres; c'est pourquoi aussi ceux qui existent seront plus cachés et échapperont plus longtemps aux chercheurs.

Si l'Arithmétique est en retard sur l'Algèbre et sur l'Analyse, ce qu'elle a de mieux à faire, c'est de chercher à se modeler sur ces sciences afin de profiter de leur avance. L'arithméticien doit donc prendre pour guide les analogies avec l'Algèbre. Ces analogies sont nombreuses, et si, dans bien des cas, elles n'ont pas encore été étudiées d'assez près pour devenir utilisables, elles sont au moins pressenties depuis longtemps, et le langage même des deux sciences montre qu'on les a aperçues. C'est ainsi qu'on parle de nombres transcendants, et qu'on se rend compte que la classification future

Digitized by Google

de ces nombres a déjà pour image la classification des fonctions transcendantes, et cependant on ne voit pas encore très bien comment on pourra passer d'une classification à l'autre; mais, si on l'avait vu, cela serait déjà fait, et ce ne serait plus l'œuvre de l'avenir.

Le premier exemple qui me vient à l'esprit est la théorie des congruences, où l'on trouve un parallélisme parfait avec celle des équations algébriques. Certainement, on arrivera à compléter ce parallélisme, qui doit subsister, par exemple, entre la théorie des courbes algébriques et celle des congruences à deux variables. Et, quand les problèmes relatifs aux congruences à plusieurs variables seront résolus, ce sera un premier pas vers la solution de beaucoup de questions d'Analyse indéterminée.

Un autre exemple, où l'analogie toutefois n'a été aperçue qu'après coup, nous est fourni par la théorie des corps et des idéaux. Pour en avoir la contre-partie, considérons les courbes tracées sur une surface; aux nombres existants correspondront les intersections complètes, aux idéaux les intersections incomplètes, aux idéaux premiers les courbes indécomposables; les diverses classes d'idéaux ont aussi leurs analogues.

Nul doute que cette analogie ne puisse éclairer la théorie des idéaux, ou celle des surfaces, ou peut-être toutes deux à la fois.

La théorie des formes, en particulier celle des formes quadratiques, est intimement liée à celle des idéaux. Si, parmi les théories arithmétiques, elle a été l'une des premières à prendre figure, c'est quand on est parvenu à y introduire l'unité par la considération des groupes de transformations linéaires.

Ces transformations ont permis la classification et, par conséquent, l'introduction de l'ordre. Peut-être en a-t-on tiré tout le fruit qu'on en pouvait espérer; mais, si ces transformations linéaires sont les parentes des perspectives en Géométrie, la Géométrie analytique nous fournit bien d'autres transformations (comme, par exemple, les transformations birationnelles d'une courbe algébrique) dont on aura avantage à chercher les analogues arithmétiques. Celles-ci formeront sans aucun doute des groupes discontinus, dont on devra d'abord étudier le domaine fondamental qui sera la clef de tout. Dans cette étude, je ne doute pas que l'on n'ait à se servir de la *Geometrie der Zahlen* de Minkowski.

Une idée dont on n'a pas encore tiré tout ce qu'elle contient, c'est l'introduction des variables continues dans la théorie des nombres par Hermite. On sait maintenant ce qu'elle signifie. Prenons pour point de départ deux formes F et F′, la seconde quadratique définie, et appliquons-leur une même transformation; si la forme F′ transformée est réduite, on dira que la transformation est réduite, et aussi que la forme F transformée est réduite. Il en résulte que, si la forme F peut se transformer en elle-même, elle pourra avoir plusieurs réduites; mais cet inconvénient est essentiel et ne peut être évité par aucun détour; il n'empêche pas, d'ailleurs, que ces réduites ne permettent la classification des formes. Il est clair que cette idée, qui n'a été jusqu'ici appliquée qu'à des formes et à des transformations très particulières, peut être étendue à des groupes de transformations non linéaires, car elle a une portée beaucoup plus grande et n'a pas été épuisée.

Un domaine arithmétique où l'unité semble faire absolument défaut, c'est la théorie des nombres premiers; on n'a trouvé que des lois asymptotiques et on n'en doit pas espérer d'autres; mais ces lois sont isolées et on n'y peut parvenir que par des chemins différents qui ne semblent pas pouvoir communiquer entre eux. Je crois entrevoir d'où sortira l'unité souhaitée, mais je ne l'entrevois que bien vaguement; tout se ramènera sans doute à l'étude d'une famille de fonctions transcendantes qui permettront, par l'étude de leurs points singuliers et l'application de la méthode de M. Darboux, de calculer asymptotiquement certaines fonctions de très grands nombres.

II. — L'ALGÈBRE.

La théorie des équations algébriques retiendra longtemps encore l'attention des géomètres; les côtés par où l'on peut l'aborder sont nombreux et divers; le plus important est certainement la théorie des groupes, sur laquelle nous reviendrons. Mais il y a aussi la question du calcul numérique des racines et celle de la discussion du nombre des racines réelles. Laguerre a montré que tout n'était pas dit sur ce point avec Sturm. Il y a lieu d'étudier un système d'invariants ne changeant pas de signe quand le nombre des racines réelles reste le même. On peut aussi former des séries de puissances représentant des fonctions qui admettront pour points singuliers les diverses racines d'une équation algébrique (par exemple des fonctions rationnelles dont le dénominateur est le premier membre de cette équation); les coefficients des termes d'ordre élevé nous fourniront l'une des racines avec une approximation plus ou moins grande; il y a là le germe d'un procédé de calcul numérique dont on pourra faire une étude systématique.

Il y a une quarantaine d'années, c'était l'étude des invariants des formes algébriques qui semblait absorber l'Algèbre entière; elle est aujourd'hui

Digitized by Google

délaissée; la matière, cependant, n'est pas épuisée; seulement il faut l'étendre, en ne se bornant plus, par exemple, aux invariants relatifs aux transformations linéaires, mais en abordant ceux qui se rapportent à un groupe quelconque. Les théorèmes anciennement acquis nous en suggéreront ainsi d'autres plus généraux qui viendront se grouper autour d'eux, de même qu'un cristal se nourrit dans une solution. Et, quant à ce théorème de Gordan que le nombre des invariants distincts est limité, et dont Hilbert a si heureusement simplifié la démonstration, il me semble qu'il nous conduit à nous poser une question beaucoup plus générale : si l'on a une infinité de polynômes entiers, dépendant algébriquement d'un nombre fini d'entre eux, peut-on toujours les déduire par addition et multiplication d'un nombre fini d'entre eux?

Il ne faut pas croire que l'Algèbre soit terminée parce qu'elle nous fournit des règles pour former toutes les combinaisons possibles; il reste à chercher les combinaisons intéressantes, celles qui satisfont à telle ou telle condition. Ainsi se constituera une sorte d'analyse indéterminée où les inconnues ne seront plus des nombres entiers, mais des polynômes. C'est alors cette fois l'Algèbre qui prendra modèle sur l'Arithmétique, en se guidant sur l'analogie du nombre entier, soit avec le polynôme entier à coefficients quelconques, soit avec le polynôme entier à coefficients entiers.

III. — Les équations différentielles.

On a déjà beaucoup fait pour les équations différentielles linéaires et il ne reste qu'à parfaire ce qui est commencé. Mais, en ce qui concerne les équations différentielles non linéaires, on est beaucoup moins avancé. L'espoir d'une intégration à l'aide des fonctions connues est perdu depuis longtemps; il faut donc étudier pour elles-mêmes les fonctions définies par ces équations différentielles et d'abord tenter une classification systématique de ces fonctions; l'étude du mode de croissance dans le voisinage des points singuliers fournira sans doute les premiers éléments de cette classification, mais nous ne serons satisfaits que quand on aura trouvé un certain groupe de transformations (par exemple de transformations de Cremona) qui jouera, par rapport aux équations différentielles, le même rôle que le groupe des transformations birationnelles pour les courbes algébriques. Nous pourrons alors ranger dans une même classe toutes les transformées d'une même équation. Nous aurons encore pour guide l'analogie avec une théorie déjà faite : celle des transformations birationnelles et du genre d'une courbe algébrique.

On peut se proposer de ramener l'étude de ces fonctions à celle des fonctions uniformes, et cela de deux manières : on sait que, si $y = f(x)$, on peut, quelle que soit la fonction $f(x)$, exprimer y et x par les fonctions uniformes d'une variable auxiliaire t; mais, si $f(x)$ est la solution d'une équation différentielle, dans quel cas les fonctions uniformes auxiliaires satisferont-elles elles-mêmes à des équations différentielles? Nous ne le savons pas; nous ne savons pas non plus dans quels cas l'intégrale générale peut se mettre sous la forme $F(x, y) =$ constante arbitraire, $F(x, y)$ étant uniforme.

J'insisterai sur la discussion qualitative des courbes définies par une équation différentielle. Dans le cas le plus simple, celui où l'équation est du premier ordre et du premier degré, cette discussion se ramène à la détermination du nombre des cycles limites. Elle est très délicate, et ce qui peut nous la faciliter, c'est l'analogie avec la recherche du nombre des racines réelles d'une équation algébrique; quand un fait quelconque pourra mettre en évidence la nature de cette analogie, nous serons certains d'avance qu'il sera fécond.

IV. — Les équations aux dérivées partielles.

Notre connaissance des équations aux dérivées partielles a fait récemment un progrès considérable, par suite des découvertes de M. Fredholm. Or, si l'on examine de près l'essence de ces découvertes, on voit qu'elles ont consisté à modeler cette théorie difficile sur une autre beaucoup plus simple, celle des déterminants et des systèmes du premier degré. Dans la plupart des problèmes de Physique mathématique, les équations à intégrer sont linéaires; elles servent à déterminer des fonctions inconnues de plusieurs variables et ces fonctions sont continues. Pourquoi? parce que nous avons écrit les équations en regardant la matière comme continue. Mais la matière n'est pas continue : elle est formée d'atomes, et, si nous avions voulu écrire les équations comme l'aurait fait un observateur de vue assez perçante pour voir les atomes, nous n'aurions pas eu un petit nombre d'équations *différentielles* servant à déterminer certaines *fonctions* inconnues, nous aurions eu un grand nombre d'équations *algébriques* servant à déterminer un grand nombre de *constantes* inconnues. Et ces équations algébriques auraient été linéaires, de sorte qu'on aurait pu, avec une patience infinie, leur appliquer directement la méthode des déterminants.

Mais, comme la brièveté de notre vie ne nous permet pas le luxe d'une patience infinie, il faut procéder autrement : il faut passer à la limite en sup-

Digitized by Google

posant la matière continue. Il y a deux manières de généraliser la théorie des équations du premier degré, en passant à la limite. On peut considérer une infinité d'équations discrètes, avec une infinité, également discrète, d'inconnues. C'est, par exemple, ce qu'a fait Hill dans sa théorie de la Lune. On a alors des déterminants infinis qui sont aux déterminants ordinaires ce que les séries sont aux sommes finies.

On peut prendre une équation aux dérivées partielles, représentant pour ainsi dire une infinité continue d'équations, et s'en servir pour déterminer une fonction inconnue, représentant une infinité continue d'inconnues. On a alors d'autres déterminants infinis, qui sont aux déterminants ordinaires ce que les intégrales sont aux sommes finies. C'est là ce qu'a fait Fredholm; son succès provient d'ailleurs du fait suivant : si, dans un déterminant, les éléments de la diagonale principale sont égaux à 1, et que les autres éléments soient considérés comme homogènes de premier ordre, on peut ordonner le développement du déterminant en réunissant en un seul groupe l'ensemble des termes homogènes de même degré. Le déterminant infini de Fredholm se prêtait à cette façon d'ordonner, et il est arrivé que l'on obtenait ainsi une série convergente.

Cette analogie, qui a certainement guidé Fredholm, a-t-elle ainsi donné tout ce qu'elle doit donner? Certainement non; si le succès vient de la forme linéaire des équations, on doit pouvoir appliquer des idées du même genre à tous les problèmes relatifs à des équations de forme linéaire, et même aux équations différentielles ordinaires, puisque leur intégration peut toujours se ramener à celle d'une équation *linéaire* aux dérivées partielles du premier ordre.

On a abordé, il y a quelque temps, le problème de Dirichlet et les autres problèmes connexes par un autre moyen, en revenant à l'idée primitive de Dirichlet et en cherchant le minimum d'une intégrale définie, mais cette fois par des procédés rigoureux. Je ne doute pas qu'on n'arrive sans grande difficulté à rapprocher les deux méthodes l'une de l'autre, à se rendre compte de leurs rapports mutuels, et je ne doute pas non plus que l'une et l'autre n'aient beaucoup à y gagner. Grâce à M. Hilbert, qui a été doublement initiateur, on marche dans cette voie.

V. — Les fonctions abéliennes.

On sait quelle est la principale question qu'il nous reste à résoudre en ce qui concerne les fonctions abéliennes. Les fonctions abéliennes engendrées par les intégrales relatives à une courbe algébrique ne sont pas les plus générales; elles ne sont qu'un cas particulier, et c'est ce qu'on peut appeler les fonctions abéliennes spéciales. Quels sont leurs rapports avec les fonctions générales et comment peut-on classer ces dernières? Il y a peu de temps encore, la solution semblait bien lointaine. Je considère aujourd'hui le problème comme virtuellement résolu, depuis que MM. Castelnuovo et Enriques ont publié leur récent Mémoire sur les intégrales de différentielles totales des variétés à plus de deux dimensions. Nous savons maintenant qu'il y a des fonctions abéliennes attachées à une courbe et d'autres à une surface, et qu'il ne sera jamais nécessaire de s'élever jusqu'aux variétés de plus de deux dimensions. En combinant cette donnée avec celles qui résultent des travaux de M. Wirtinger, on viendra sans doute à bout de toutes les difficultés.

VI. — Théorie des fonctions.

C'est surtout des fonctions de deux et de plusieurs variables que je voudrais parler. L'analogie avec les fonctions d'une seule variable est un guide précieux, mais insuffisant; il y a entre les deux sortes de fonctions une différence essentielle, et toutes les fois qu'on tente une généralisation en passant des unes aux autres, on rencontre un obstacle inattendu dont on a parfois triomphé par des artifices spéciaux, mais qui souvent aussi est demeuré jusqu'ici infranchissable. Nous devons donc rechercher les faits qui sont de nature à nous éclairer sur l'essence de cette différence entre les fonctions d'une variable et celles qui en contiennent plusieurs. Il faudra d'abord regarder de près les artifices qui ont réussi dans certains cas particuliers, afin de voir ce qu'ils peuvent avoir de commun. Pourquoi la représentation conforme est-elle le plus souvent impossible dans un domaine à quatre dimensions et que faut-il mettre à la place? La véritable généralisation des fonctions à une variable n'est-elle pas dans les fonctions harmoniques à quatre variables, dont les parties réelles des fonctions de deux variables ne sont que des cas particuliers? Pourra-t-on tirer parti pour l'étude des fonctions transcendantes à plusieurs variables de ce qu'on sait des fonctions algébriques ou rationnelles? ou, en d'autres termes, dans quel sens peut-on dire que les fonctions transcendantes à deux variables sont aux fonctions transcendantes à une variable ce que les fonctions rationnelles à deux variables sont aux fonctions rationnelles à une variable?

Est-il vrai que si $z = f(x, y)$, on peut, quelle que soit la fonction f, exprimer à la fois x, y, z en fonctions uniformes de deux variables auxiliaires,

Digitized by Google

ou, pour employer une expression qui commence à être consacrée par l'usage, peut-on *uniformiser* les fonctions de deux variables, comme on uniformise les fonctions d'une variable? Je me borne à poser la question, dont un avenir prochain nous donnera peut-être la solution.

VII. — Théorie des groupes.

La théorie des groupes est un sujet étendu sur lequel il y aurait beaucoup à dire.

Il y a bien des sortes de groupes, et, quelle que soit la classification adoptée, on en trouve toujours de nouveaux qui n'y rentrent pas. Je veux me borner et je ne parlerai ici que des groupes continus de Lie et des groupes discontinus de Galois, que l'on a coutume de qualifier, les uns et les autres, de groupes d'ordre fini, quoique le mot n'ait pas tout à fait le même sens pour les uns et pour les autres.

Dans la théorie des groupes de Lie, on est guidé par une analogie spéciale; une transformation finie est le résultat de la combinaison d'une infinité de transformations infinitésimales. Le cas le plus simple est celui où ces transformations infinitésimales se réduisent à une multiplication par $1+\varepsilon$, ε étant très petit. La répétition de ces transformations engendre alors la fonction exponentielle; c'est comme cela que Neper y est arrivé. Nous savons que la fonction exponentielle peut être représentée par une série très simple et très convergente, et l'analogie peut alors nous montrer la voie à suivre. Cette analogie peut d'ailleurs être exprimée par un symbolisme spécial, sur lequel vous m'excuserez de ne pas insister ici. On est déjà très avancé grâce à Lie, Killing et Cartan; il ne reste plus qu'à simplifier les démonstrations, coordonner et classifier les résultats.

L'étude des groupes de Galois est beaucoup moins avancée, et cela s'explique; c'est pour la même raison que l'Arithmétique est moins avancée que l'Analyse, car la continuité a donné de grandes facilités dont on a su profiter. Mais heureusement il y a entre les deux théories un parallélisme manifeste et l'on devra s'efforcer de le mettre de mieux en mieux en évidence. L'analogie est tout à fait pareille à celle que nous avons signalée entre l'Arithmétique et l'Algèbre et l'on en pourra tirer le même parti.

VIII. — La Géométrie.

Il semble que la Géométrie ne puisse rien contenir qui ne soit déjà dans l'Algèbre ou dans l'Analyse; que les faits géométriques ne soient autre chose que les faits algébriques ou analytiques exprimés dans un autre langage. On pourrait donc croire qu'après la revue que nous venons de passer, il ne nous restera plus rien à dire qui se rapporte spécialement à la Géométrie. Ce serait méconnaître l'importance même d'un langage bien fait, ne pas comprendre ce qu'ajoute aux choses elles-mêmes la façon d'exprimer ces choses et, par conséquent, de les grouper.

D'abord, les considérations géométriques nous amènent à nous poser de nouveaux problèmes; ce sont bien, si l'on veut, des problèmes analytiques, mais que nous ne nous serions jamais posés à propos d'Analyse. L'Analyse en profite cependant, comme elle profite de ceux qu'elle est obligée de résoudre pour satisfaire aux besoins de la Physique.

Un grand avantage de la Géométrie, c'est précisément que les sens y peuvent venir au secours de l'intelligence et aident à deviner la route à suivre, et bien des esprits préfèrent ramener les problèmes d'Analyse à la forme géométrique. Malheureusement, nos sens ne peuvent nous mener bien loin, et ils nous faussent compagnie dès que nous voulons nous envoler en dehors des trois dimensions classiques. Est-ce à dire que, sortis de ce domaine restreint où ils semblent vouloir nous enfermer, nous ne devons plus compter que sur l'Analyse pure et que toute Géométrie à plus de trois dimensions est vaine et sans objet? Dans la génération qui nous a précédés, les plus grands maîtres auraient répondu « oui »; nous sommes aujourd'hui tellement familiarisés avec cette notion que nous pouvons en parler, même dans un cours d'université, sans provoquer d'étonnement.

Mais à quoi peut-elle servir? Il est aisé de le voir : elle nous donne d'abord un langage très commode, qui exprime en termes très concis ce que le langage analytique ordinaire dirait en phrases prolixes. De plus, ce langage nous fait nommer du même nom ce qui se ressemble et affirme des analogies qu'il ne nous permet plus d'oublier. Il nous permet donc encore de nous diriger dans cet espace qui est trop grand pour nous et que nous ne pouvons voir, en nous rappelant sans cesse l'espace visible qui n'en est qu'une image imparfaite sans doute, mais qui en est encore une image. Ici encore, comme dans tous les exemples précédents, c'est l'analogie avec ce qui est simple qui nous permet de comprendre ce qui est complexe.

Cette Géométrie à plus de trois dimensions n'est pas une simple Géométrie analytique; elle n'est pas purement quantitative; elle est aussi qualitative, et c'est par là surtout qu'elle devient intéressante. L'importance de l'*Analysis Situs* est énorme et je ne saurais trop y insister; le parti qu'en a tiré Riemann, l'un de ses principaux créateurs,

Digitized by Google

suffirait à le démontrer. Il faut qu'on arrive à la construire complètement dans les espaces supérieurs; on aura alors un instrument qui permettra réellement de voir dans l'hyperespace et de suppléer à nos sens.

Les problèmes de l'*Analysis Situs* ne se seraient peut-être pas posés si on n'avait parlé que le langage analytique; ou plutôt, je me trompe, ils se seraient posés certainement, puisque leur solution est nécessaire à une foule de questions d'Analyse; mais ils se seraient posés isolément, les uns après les autres, et sans qu'on en puisse apercevoir le lien commun.

Ce qui a surtout contribué aux récents progrès de la Géométrie, c'est l'introduction de la notion de transformations et de groupes. C'est grâce à elle que la Géométrie n'est plus un assemblage de théorèmes plus ou moins curieux qui se succèdent et ne se ressemblent pas, mais qu'elle a conquis une unité. Et, d'un autre côté, l'histoire des sciences ne doit pas oublier que c'est à propos de Géométrie que l'on a commencé à étudier systématiquement les transformations continues, de sorte que les géométries pures ont contribué pour leur part au développement de l'idée de groupe, si utile aux autres branches des Mathématiques.

L'étude des groupes de points sur une courbe algébrique, à la façon de Brill et Noether, nous donnera encore des résultats utiles, soit directement, soit en servant de modèle à d'autres théories analogues. C'est ainsi que nous voyons se développer tout un chapitre de la Géométrie, où les courbes tracées sur une surface jouent un rôle semblable à celui des groupes de points sur une courbe. Par là, on peut dès aujourd'hui espérer que vont s'éclaircir les derniers mystères qui se rapportent à l'étude des surfaces et qui paraissaient si tenaces.

Les géomètres ont donc un vaste champ à moissonner, et je n'ai garde d'oublier la Géométrie énumérative et surtout la Géométrie infinitésimale, cultivée avec tant d'éclat par M. Darboux, et à laquelle M. Bianchi a apporté tant de contributions utiles. Si je ne m'étends pas davantage sur ce sujet, c'est que je n'aurais plus rien à vous apprendre après la brillante Conférence de M. Darboux [1].

IX. — Le cantorisme.

J'ai parlé plus haut du besoin que nous avons de remonter sans cesse aux premiers principes de notre science et du profit qu'en peut tirer l'étude de l'esprit humain. C'est ce besoin qui a inspiré deux tentatives qui ont tenu une très grande place dans l'histoire la plus récente des Mathématiques. La première est le cantorisme, qui a rendu à la science les services que l'on sait. Un des traits caractéristiques du cantorisme, c'est qu'au lieu de s'élever au général en bâtissant des constructions de plus en plus compliquées et de définir par construction, il part du *genus supremum* et ne définit, comme auraient dit les scolastiques, que *per genus proximum et differentiam specificam*. De là l'horreur qu'il a quelque temps inspirée à certains esprits, à Hermite, par exemple, dont l'idée favorite était de comparer les sciences mathématiques aux sciences naturelles. Chez la plupart d'entre nous, ces préventions s'étaient dissipées; mais il est arrivé qu'on s'est heurté à certains paradoxes, à certaines contradictions apparentes, qui auraient comblé de joie Zénon d'Elée et l'École de Mégare. Et alors chacun de chercher le remède. Je pense pour mon compte, et je ne suis pas le seul, que l'important c'est de ne jamais introduire que des êtres que l'on puisse définir complètement en un nombre fini de mots. Quel que soit le remède adopté, nous pouvons nous promettre la joie du médecin appelé à suivre un beau cas pathologique.

X. — La recherche des postulats.

On s'est efforcé, d'autre part, d'énumérer les axiomes et les postulats plus ou moins dissimulés qui servent de fondement aux diverses théories mathématiques. M. Hilbert a obtenu les résultats les plus brillants. Il semble d'abord que ce domaine soit bien limité et qu'il n'y ait plus rien à y faire quand l'inventaire sera terminé, ce qui ne saurait tarder. Mais, quand on aura tout énuméré, il y aura bien des manières de tout classer; un bon bibliothécaire trouve toujours à s'occuper, et chaque classification nouvelle sera instructive pour le philosophe.

J'arrête cette revue, que je ne saurais songer à rendre complète pour une foule de raisons, et d'abord parce que j'ai déjà trop abusé de votre attention. Je pense que ces exemples auront suffi pour vous montrer par quel mécanisme les sciences mathématiques ont progressé dans le passé, et dans quel sens elles doivent marcher dans l'avenir.

Henri Poincaré,
de l'Académie des Sciences et de l'Académie française,
Professeur à la Sorbonne.

[1] Voyez G. Darboux : Les origines, les méthodes et les problèmes de la Géométrie infinitésimale, dans la *Revue* du 15 novembre 1908.

Digitized by Google

LE NOUVEL OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DU PIC DU MIDI

Depuis quelques années, les Services scientifiques établis au sommet du Pic du Midi de Bigorre sont l'objet de travaux importants destinés à l'installation d'un Observatoire astronomique, à côté de l'Observatoire météorologique bien connu. Celui-ci fut fondé en 1878 par la Société Ramond, de Bagnères-de-Bigorre, et repris par l'État. Il dut son organisation et son perfectionnement en premier lieu au général de Nansouty, qui le dirigea jusqu'en 1895, puis à l'ingénieur Vaussenat, auquel succéda en 1892 le directeur actuel, M. Marchand, météorologiste très distingué qui y poursuit avec grand succès des études météorologiques et y a installé des dispositifs d'enregistrement photographique continu des variations du magnétisme terrestre.

Sous sa direction aussi sont faits journellement, par un observateur consciencieux, M. Latreille, d'intéressants dessins du Soleil, et, quand l'occasion s'en présente, des planètes principales, au moyen d'un petit équatorial construit pour l'observation du passage de Vénus. Cet instrument médiocre, et qu'on a dû diaphragmer, se voit au premier plan, sous un abri à volets, dans une des photographies que nous donnons ici (fig. 1).

Fig. 1. — *Vue d'ensemble de l'Observatoire du Pic du Midi.* — A, habitation des astronomes; C, coupole de l'équatorial double; M, habitation des météorologistes; S, sommet du Pic (2877m).

I

La première idée d'un observatoire astronomique au Pic est due à Babinet, qui, dès 1857, écrivait dans le *Journal des Débats* : « Nous avons chez nous d'excellents observateurs, des lunettes de premier choix, un pic de 2.877 mètres de hauteur. Il est évident qu'il faut mettre les lunettes et les observateurs sur ce pic l'été prochain. Sans doute, la dépense minime qu'occasionnera ce déplacement sera facilement obtenue des autorités compétentes. » Malgré les efforts du Dr Costallat, l'un des créateurs de l'Observatoire météorologique, cinquante ans s'écoulèrent avant la réalisation du vœu de Babinet; nous la devons en très grande partie à l'activité persévérante et à la haute autorité scientifique de M. B. Baillaud[1], alors directeur de l'Observatoire de Toulouse.

Avant d'engager de fortes dépenses, il était nécessaire de s'assurer de la qualité des images obtenues au sommet du Pic, car la clarté et la transparence du ciel, la diminution d'épaisseur absorbante de la couche d'air et de vapeur d'eau interposées, ne sont pas les seules conditions requises par les astronomes. La netteté de définition ne dépend pas seulement de l'altitude; elle exige des séries de temps clairs sans perturbations atmosphériques, car la fréquence de celles-ci ne permettrait pas au calme de l'atmosphère de se rétablir. Il faut, de plus, être, autant que possible, à l'abri des courants ascendants d'air chaud et de poussières, qui rendent à l'Observatoire de l'Etna (2.616 mètres) les observations rarement satisfaisantes.

Les études préliminaires commencèrent en août 1901, sous la direction de M. B. Baillaud. Une coupole provisoire de 4 mètres de diamètre fut installée au sommet pour abriter un télescope de Foucault de 0m,30 d'ouverture, qui servit à l'étude de la qualité des images des astres, planètes, étoiles ou nébuleuses, étude pour laquelle M. Baillaud, M. Bourget[2], M. Rossard, se livrèrent à des séjours

[1] Membre de l'Institut et maintenant directeur de l'Observatoire de Paris. Nous empruntons à ses divers Rapports ou Mémoires une partie des données de cet article.

[2] Actuellement directeur de l'Observatoire de Marseille.

Digitized by Google

prolongés au sommet du Pic. Les images furent reconnues toujours bonnes, le plus souvent très bonnes, fréquemment extraordinairement belles.

A la suite des Rapports favorables de M. Baillaud, le Conseil de l'Université de Toulouse, puis le Ministre de l'Instruction publique, fournirent des crédits, et, par arrêté ministériel du 16 novembre 1903, une succursale de l'Observatoire de l'Université de Toulouse[1] est établie au sommet du Pic, à côté des bâtiments de l'Observatoire météorologique qui dépend de la même Université.

II

L'établissement nouveau (fig. 1 à 3) comprend une maison d'habitation A pour les astronomes, et, à côté de celle-ci, à 2.860 mètres d'altitude, sur une terrasse de 18 mètres sur 15 mètres, une tour portant une coupole métallique tournante C de 8m,50 de diamètre. Celle-ci fut construite, dans des conditions exceptionnelles de solidité, pour pouvoir résister à des ouragans, par M. Carrère, mécanicien de l'Observatoire de Toulouse, et mise en place par lui en 1906 et 1907. Pendant ce temps, un grand équatorial, destiné à cette coupole, était construit par M. P. Gautier, le constructeur bien connu, et ce pesant appareil a été transporté, par morceaux démontés, jusqu'au sommet, en 1906 et 1907, grâce au dévouement de MM. le commandant Lallemand et le capitaine Aubertin et d'un détachement de vingt-cinq artilleurs de Tarbes, sur l'ordre de M. le Ministre de la Guerre.

Fig. 2. — *Coupole de l'Observatoire du Pic du Midi, renfermant l'équatorial double de 6 mètres de longueur.*

L'équatorial est maintenant en place, avec une monture anglaise, c'est-à-dire en se mouvant au milieu d'un cadre qui tourne autour de l'axe des pôles. Il est formé d'un tube rectangulaire ayant 1 mètre sur 0m,52 de section et 6 mètres de longueur. Ce tube porte deux instruments accolés : un télescope de 0m,52 d'ouverture et une lunette de 0m,25; tous deux ont 6 mètres de foyer. Des dispositifs ont été établis pour permettre d'installer un grand spectroscope d'un côté du tube, et de l'autre une lunette photographique à court foyer.

Le télescope, dont le miroir est en verre argenté, peut servir soit à des mesures micrométriques visuelles, soit à obtenir des clichés photographiques; une de ses plus intéressantes applications, à notre avis, serait d'y adapter un spectrographe à partie optique toute en quartz (cristal de roche) pour photographier, dans cette atmosphère très pure, la région ultra-violette du spectre la plus extrême que l'air laisse passer, c'est-à-dire des rayons dont la longueur d'ondulation peut être voisine de 300 millionièmes de millimètre; mais il serait nécessaire, pour cela, que le télescope fût muni d'un miroir, non plus en verre argenté, mais en métal des miroirs. On pourrait ainsi reprendre, dans des conditions de transparence plus favorables, les admirables travaux que Sir William Huggins a poursuivis sur la partie la plus réfrangible des spectres stellaires dans son observatoire d'Upper Tulse Hill, près de Londres. Il serait intéressant de rechercher, dans cette extrémité encore mal connue de ces spectres, certaines raies, dites « ultimes », c'est-à-dire de plus grande sensibilité, de différents corps simples, et il nous sera permis de prévoir là des progrès importants à réaliser dans la chimie des étoiles, peut-être même aussi des nébuleuses et des comètes, avec des chambres prismatiques à court foyer.

La région opposée des spectres des corps célestes, l'infra-rouge, serait aussi un champ d'études favorisé au Pic, si l'on disposait d'un « bolomètre », sorte de thermomètre excessivement sensible et délicat, à résistance électrique. Enfin d'excellentes photographies des planètes et des nébuleuses de-

[1] Dirigé maintenant par M. le Professeur E. Cosserat, qui est ainsi directeur du nouvel Observatoire astronomique du Pic.

Digitized by Google

vront être obtenues là plus souvent et plus facilement qu'ailleurs.

Toutes ces recherches d'Astronomie physique, auxquelles le nouvel observatoire sera surtout consacré, réclameront tôt ou tard l'installation d'un laboratoire de Physique et d'un atelier de Mécanique. Il faudra aussi une petite station génératrice d'électricité, à moins que celle-ci ne soit envoyée de Bagnères, de la vallée de Luz, ou d'une usine spéciale sur l'un des gaves plus voisins.

L'entretien, l'alimentation, et l'accès de tous ces services scientifiques seraient grandement facilités par la transformation en route carrossable, et praticable six mois de l'année, du sentier muletier de 3 kilomètres entre la route thermale du Tourmalet et l'Hôtellerie, qui n'est plus qu'à une heure et demie de l'observatoire. Entre ces deux points, il ne serait ni dispendieux ni difficile d'établir une communication, un va-et-vient par câble transporteur métallique, comme on le fait pour l'exploitation des mines dans les vallées avoisinantes.

Fig. 3. — *Le Pic du Midi.* — S, sommet (2.877m ; E, entrée de l'Observatoire : C, coupole.

III

En somme, si, par un grand effort couronné de succès, un observatoire dès maintenant utilisable pour les recherches astronomiques a été créé, il reste encore beaucoup à faire pour en faciliter l'accès, et pour permettre aux travaux qui s'y feront de donner le maximum de rendement scientifique. Souhaitons qu'aux subventions de l'État, des Universités, des Assemblées et Institutions régionales, viennent se joindre les subsides, les dons et les souscriptions de l'initiative privée, qui seule a permis la création et le fonctionnement des admirables observatoires des États-Unis, et particulièrement celui du mont Wilson en Californie, créé par la Carnegie Institution.

On nous permettra, en terminant, de parler avec reconnaissance et par expérience personnelle de l'aimable accueil et de la cordiale hospitalité réservés aux visiteurs scientifiques des deux observatoires.

A. de Gramont,
Docteur ès sciences.

LES PORTS ET LES FLEUVES DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

Dans un précédent article[1], nous avons traité la question de la pénétration par le rail dans l'Afrique Occidentale Française ; nous abordons maintenant celle, non moins intéressante, de la pénétration maritime et fluviale des mêmes régions.

I. — Pénétration maritime.

Étant donné le vaste développement littoral de l'Afrique Occidentale Française, sa répartition entre plusieurs colonies séparées les unes des autres par des enclaves étrangères et soudées seulement dans les profondeurs du Soudan, leur hinterland commun, il était évident que la création d'un port au moins s'imposait dans chacune d'elles.

Dakar, au Sénégal, — Konakry, en Guinée, — Port-Bouët, à la côte d'Ivoire, — et Kotonou, au Dahomey, sont les points qui, pour des motifs d'ailleurs fort différents, ont été choisis pour constituer les portes d'entrée maritimes des colonies littorales de l'Afrique Occidentale.

[1] XXX : Les voies ferrées de l'Afrique Occidentale Française. *Revue gén. des Sciences* des 30 mars et 15 avril 1908.

Digitized by Google

§ 1. — Port de Dakar

La fondation de Dakar, en 1860, est due au génie de Faidherbe, qui sut discerner les avantages exceptionnels de ce point, placé au saillant occidental du Continent africain et à proximité des grandes routes maritimes reliant l'Europe à l'Afrique et à l'Amérique du Sud. A ces avantages d'ordre général venait s'ajouter le fait que Dakar constituait, par sa proximité de l'embouchure du Sénégal, le seul port pouvant servir à abriter les navires attendant l'amélioration de la barre de ce fleuve pour la franchir et mouiller devant Saint-Louis. De longues années devaient toutefois s'écouler avant qu'on pût entrevoir la réalisation des espérances qu'on avait fondées sur l'établissement de Dakar. Par suite du manque presque absolu des installations maritimes indispensables à un port d'escale et de la faiblesse du trafic local, les navires délaissaient, en effet, le nouveau port pour toucher de préférence aux îles Canaries ou à Saint-Vincent du Cap Vert. Seuls, les paquebots de la Compagnie des Messageries maritimes, des navires de guerre et quelques caboteurs effectuant le transit sur Saint-Louis et les rivières du Sud fréquentaient le nouvel établissement. En 1885, la création du chemin de fer de Dakar à Saint-Louis, suivie à bref délai de la pacification du Cayor que traversait la nouvelle voie ferrée, amena à Dakar un nouvel et important élément de prospérité en faisant de ce port le point de débarquement normal des voyageurs allant au Sénégal. La nouvelle ligne, en permettant l'exécution de transports terrestres jusque-là trop coûteux, développait en même temps, sur une vaste échelle, la culture de l'arachide dans le Cayor, dont l'exportation s'élevait par bonds ininterrompus de 37.306 tonnes en 1892 à 97.660 tonnes en 1901.

Toutefois, et par suite d'anciennes habitudes commerciales, la plus grande partie de ces arachides était et est encore embarquée à Rufisque, bien que cette dernière ville ne possède qu'une rade foraine.

La concurrence qui s'établit entre ces deux points ne fut pas l'une des moindres entraves au développement ultérieur de Dakar, que Rufisque dépossédait ainsi d'un précieux fret de sortie.

Le développement ininterrompu de nos anciens établissements côtiers (Guinée, Côte d'Ivoire, Gabon, Congo), notre pénétration dans le Soudan et la conquête du Dahomey (1892) eurent aussi, dès l'origine, une répercussion marquée sur le mouvement maritime de Dakar. Vers 1898, l'augmentation du tonnage devint telle que des projets d'amélioration partielle du port commencèrent à se faire jour : en 1899, le Conseil général du Sénégal mit en délibération un projet d'emprunt de 14 millions, sur lesquels 1.200.000 francs étaient consacrés à l'exécution des améliorations en question.

Telle était la situation, lorsque survint l'incident de Fachoda, qui mit à nu les défectuosités de notre organisation maritime et l'insuffisance de la défense coloniale.

De toutes parts, l'opinion publique réclamait l'adoption de mesures propres à sauvegarder nos colonies d'une agression maritime et plaçait en première ligne de celles-ci la création de points d'appui de la flotte. Le rôle stratégique dévolu à Dakar en cas de guerre maritime ne pouvait manquer d'attirer l'attention des Pouvoirs publics et un vaste programme de travaux fut élaboré pour convertir Dakar en un port susceptible de réparer, de ravitailler et de donner un abri efficace à une flotte de combat opérant dans l'Atlantique. Un crédit de 14 millions fut inscrit dans ce but au programme législatif de 1900.

Les travaux précédents n'ayant trait qu'à la création d'un port de guerre, point d'appui de la flotte, il importait, en outre, de prévoir celle d'un port de commerce important, outillé, en vue de faire face non seulement aux exigences d'un trafic local toujours grandissant, mais encore à celles qui dérivent de l'escale de nombreux navires venant se ravitailler en eau et en charbon.

L'emprunt de 65 millions, contracté par l'Afrique Occidentale Française en vertu de la loi du 5 juillet 1903, consacra 10 millions à la réalisation de ce desideratum. Enfin, l'emprunt de 100 millions qui vient d'être autorisé par le Parlement prévoit encore, pour le même objet, une nouvelle dépense de 4.750.000 francs. Au total, 28.750.000 francs auront donc été consacrés à l'amélioration ou, pour mieux dire, à la création du port de Dakar, sans compter les crédits absorbés par la construction des fortifications du point d'appui. Passons en revue les travaux exécutés ou projetés à l'aide de ces ressources considérables.

1. *Situation topographique de Dakar.* — La ville est bâtie sur la presqu'île du Cap Vert (fig. 1); celle-ci, rattachée au continent par un isthme assez étroit, s'épanouit, à partir de cet isthme, suivant un trapèze sensiblement isocèle, dont la grande base, de 15 kilomètres de longueur, est orientée Nord-Ouest-Sud-Est.

La pointe des Almadies, au nord, le cap Manuel, au sud, marquent les extrémités de cette grande base qui, considérée dans son ensemble, ne présente que des dentelures peu accusées. Toutefois, tandis que, vers la pointe des Almadies, la côte se présente sous l'aspect d'une plage basse et quelque peu marécageuse, elle devient, au contraire, rocheuse et escarpée sur le reste de son développement. Au

Digitized by Google

Cap-Vert, situé du côté de la pointe des Almadies, et à l'origine de cette partie rocheuse, s'élève un double piton, connu sous le nom des Mamelles, dont l'un porte un phare d'atterrissage, dont le feu s'élève à plus de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Un second feu éclaire les approches de la pointe des Almadies, qui se prolonge au large par une chaîne de brisants des plus dangereux. Enfin, un feu élevé sur la falaise du cap Manuel marque l'entrée même de la rade de Dakar.

Le petit côté du trapèze ayant le cap Manuel pour sommet est orienté presque exactement N.-S. et se raccorde avec la grande courbe suivant laquelle s'infléchit la côte du continent depuis Rufisque. Ce côté présente dans son développement plusieurs baies, qui sont, en allant du Sud au Nord : l'anse

Fig. 1. — *Presqu'île du Cap Vert et baie de Dakar.*

Bernard, l'anse de Dakar et l'anse de Hann. La pointe de Dakar et la pointe de Bel-Air constituent les séparations de ces baies entre elles. La rade de Dakar est constituée par l'anse du même nom, à laquelle l'îlot rocheux de Gorée, de 800 mètres environ de largeur et situé à 2 kil. 500 dans l'Est de la pointe de Dakar, apporte une protection assez efficace contre le fort clapotis soulevé par les tornades venant de l'Est et du Sud-Est.

La ville même de Dakar est construite sur la pointe Dakar, qu'elle déborde en poussant les alignements de ses maisons et de ses édifices le long de l'anse Bernard, d'une part, et le long de l'anse de Dakar, d'autre part. On doit, d'ailleurs, noter que l'emplacement sur lequel s'élève la ville présente une déclivité générale N.-S. La côte de l'anse Bernard présente, en effet, des falaises d'une vingtaine de mètres de hauteur, tandis que le littoral de l'anse de Dakar est constitué par une plage, se raccordant sans ressauts brusques avec l'intérieur. Les travaux existant en 1899 dataient pour la plupart de la fondation même de la ville et consistaient en deux jetées divergentes, dont l'une, de 350 mètres de longueur et orientée sensiblement N.-S., s'enracinait à l'extrémité de la pointe Dakar. La seconde, d'une direction voisine du N.-O.-S.-E., prenait naissance à environ 250 mètres dans l'Ouest de la première et avait une longueur égale à la jetée précitée. L'intervalle situé entre ces deux jetées constituait le port de Dakar; mais, par suite de sa faible profondeur, il ne servait guère qu'à abriter les chalands de la Compagnie des Messageries Maritimes, dont les parcs à charbon se trouvent entre les deux jetées et au pied des falaises terminales de la pointe Dakar. Deux autres petits appontements complétaient l'ensemble de ces installations rudimentaires: si l'on ajoute à cette description que, par suite de l'insuffisance des fonds, les grands navires étaient obligés de mouiller à 600 mètres au moins du rivage et que, la rade étant souvent clapoteuse, il en résultait des difficultés notables pour le transbordement des marchandises, on se rendra compte de l'insuffisance manifeste du port, tel qu'il existait il y a six ans.

Les premiers projets d'installation d'un port de guerre à Dakar prévoyaient, à cet effet, l'utilisation de l'anse Bernard, l'anse de Dakar devant rester affectée exclusivement au port de commerce. Cette disposition, qui séparait complètement les deux ports, présentait *a priori* de grands avantages, en raison des servitudes inévitables qu'impose à un port de commerce le voisinage d'un port militaire. Toutefois, étant donnée l'importance des dépenses qu'il eût fallu effectuer pour réaliser cette double création et étant donné aussi qu'en temps de paix le nombre des navires de guerre stationnés à Dakar sera généralement très restreint (en faisant abstraction des petites unités de la défense mobile), on se décida à abandonner ce projet pour adopter celui qui est actuellement en cours d'exécution.

2. *Projet en cours d'exécution.* — Ce projet utilise, ainsi que nous l'avons vu, l'anse de Dakar. A cet effet, celle-ci est fermée, du côté du large, au moyen de deux jetées en maçonnerie, laissant entre leurs musoirs une passe de 250 mètres de largeur (fig. 2). La jetée Sud, de 240 mètres de longueur, prolonge l'ancienne jetée de 350 mètres dont nous avons parlé plus haut; toutefois, et pour des convenances de navigation, la nouvelle jetée s'incurve légèrement du côté de l'Est, peu après son origine.

La jetée Nord, d'un développement total de 2.150 mètres, s'enracine sur le rivage en un point situé à environ 1.250 mètres du parc à fourrage. Cette longueur de 2.150 mètres se décompose elle-même ainsi qu'il suit :

Partie en enrochements (près du rivage) . .	240	mètres.
— à claire-voie	760	—
— pleine	1.150	—

Digitized by Google

Un tablier en fer, jeté sur la partie supérieure de la jetée à claire-voie, assurera une circulation continue sur la jetée Nord. Le poids des blocs de couronnement est de trente-sept tonnes.

La profondeur insuffisante du port ainsi obtenu nécessitait des dragages importants. La plus grande partie de ceux-ci est effectuée de manière à obtenir une profondeur de 9 mètres à 9m,30 au-dessous du 0 des plus basses mers, sur une vaste surface se développant entre l'ouverture des jetées et l'entrée du bassin de radoub.

qu'il apporterait au mouvement des navires appareillant ou accostant le long de ceux-ci. C'est afin d'éviter ces inconvénients qu'on s'est résolu à la création d'un mouillage spécial, qui sera situé dans le Nord de celui réservé à la marine de guerre.

Ce mouillage aura environ 500 mètres de longueur sur 175 de largeur, sera dragué à la cote (—8,50) et comportera à l'origine 8 coffres d'amarrage placés sur 2 rangs et permettant d'amarrer, soit 4 bateaux de plus de 150 mètres évités N.-S., soit 6 bateaux de même dimension évités E.-O.[1].

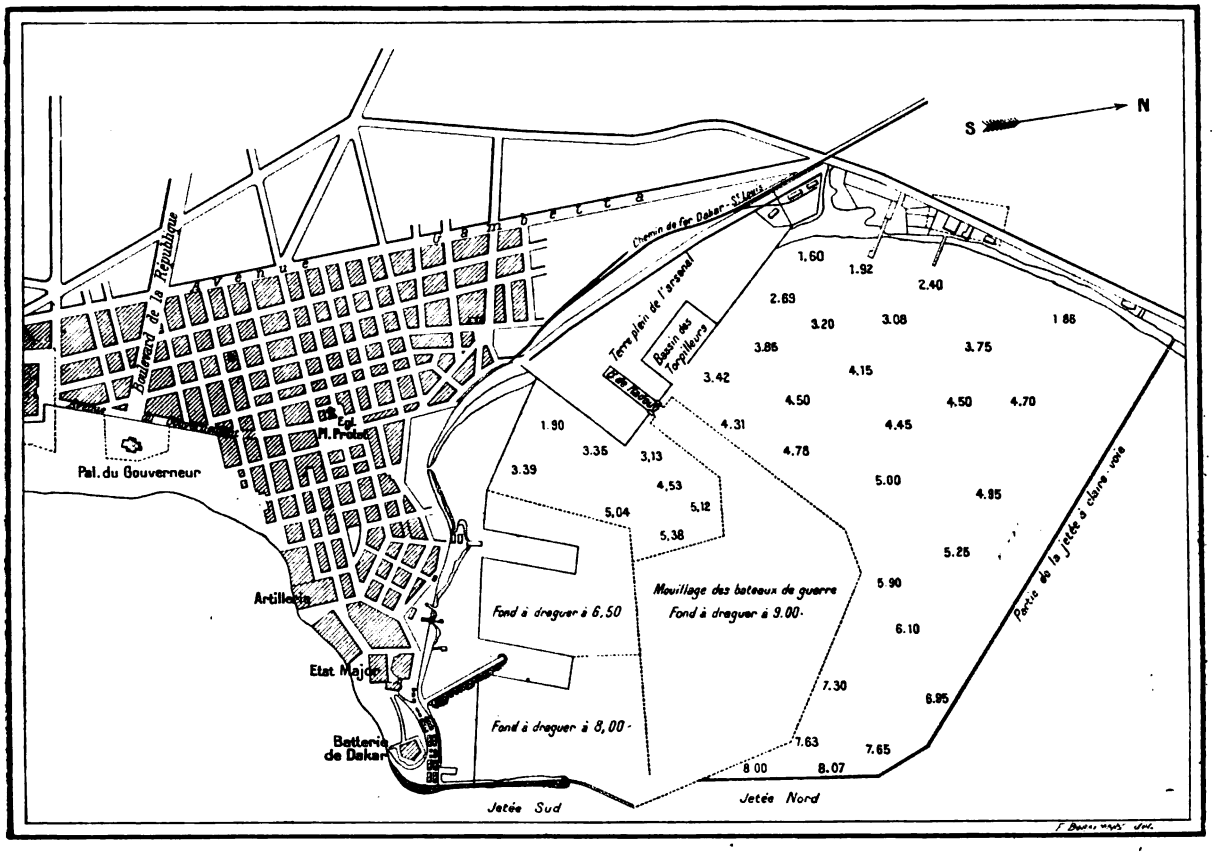


Fig. 2. — *Plan du port de Dakar en cours d'exécution.*

En ce qui concerne le port de commerce, il sera constitué par trois darses, dont la première sera draguée à la cote (—8,00), la seconde aura son fond arasé à la cote (— 6,50), ainsi qu'une partie de la troisième. Enfin, il a été décidé qu'on entreprendrait prochainement la création d'un mouillage spécialement affecté aux navires venant charbonner à Dakar. Cette opération, pour être effectuée rapidement, suppose, en effet, la possibilité d'amener des deux côtés du navire des chalands remplis de charbon que l'on vide simultanément dans les soutes de chaque bord. Cette opération ne peut donc se faire à quai, mais au mouillage. Or, il est évident que ce mouillage ne peut être pris dans le voisinage des môles, par suite des entraves

Lorsque tous ces travaux seront terminés[2], le cube total des déblais dragués sera d'environ 2.000.000 de mètres cubes. Cette énorme masse doit être utilisée pour constituer les terre-pleins du port de guerre (21 hectares) et du port de commerce, qui ont été entièrement conquis sur la mer. Le plan du port montre suffisamment leur disposition pour qu'il soit utile d'insister davantage sur ce sujet. Notons toutefois que la longueur des quais du port de commerce sera de 2.063 mètres, en ne considérant que la partie de ces quais le long de

[1] Au dernier moment, nous apprenons que l'exécution de ce dernier travail a été ajournée en raison de l'insuffisance des ressources financières.

[2] A l'heure actuelle, un môle a déjà été livré au commerce.

Digitized by Google

laquelle existe un mouillage minimum de 6m,50 à basse mer. En ce qui concerne les installations accessoires du port, — voies ferrées, hangars, grues, etc., — elles seront terminées de façon à pouvoir être mises à la disposition du commerce en même temps que les différentes parties du port.

Le bassin de radoub fait partie intégrante des installations du port de guerre; mais, comme (en temps de paix, tout au moins) il sera rarement utilisé dans ce but, étant donné le petit nombre des navires de guerre fréquentant le port de Dakar, il est certain qu'il sera souvent employé pour les besoins de la marine commerciale.

ligne d'Australie via Capetown ; vapeurs de l'*Union Line* et de la *Castle-Line* : lignes du Cap), il n'en est pas moins vrai que, d'ores et déjà, il est beaucoup trop court pour contenir les vapeurs géants qui courent actuellement entre l'Europe et New-York. Sa largeur ne sera également que strictement suffisante pour recevoir les nouveaux cuirassés de 18.500 tonnes qui viennent d'être mis en chantier tout dernièrement.

Ajoutons, pour terminer cette description, que le volume total de la forme est de 58.000 mètres cubes; 3 pompes centrifuges placées à la cote (— 6,00) et actionnées chacune par un moteur de

Fig. 3. — *Travaux du Port de Dakar. Caisson au montage.* — Dans le fond, l'île de Gorée.

La longueur totale utile du bassin est de 200 mètres, et la longueur des tins de 178 mètres. Une enclave de porte située à 120 mètres de l'extrémité de la partie amont permettra, d'ailleurs, de partager la forme en deux parties.

La largeur de l'écluse donnant accès dans la forme est de 28m,60 à la partie supérieure et de 25 mètres à la partie inférieure. La cote du seuil est à (— 8m,50). Les marées d'équinoxe donnant un marnage de 1m,80, il en résulte qu'à cette époque le plan d'eau dans l'écluse sera à 10m,30 au-dessus du seuil précité.

Pour considérables qu'elles soient, ces dimensions, adoptées en 1898, n'ont cependant rien d'exagéré, et, si le bassin en question peut recevoir les plus grands navires engagés dans le trafic de l'Atlantique sud (vapeurs de la *White Star Line* :

250 chevaux pourront l'épuiser en moins de quatre heures et demie. Un bassin abri pour torpilleurs est également aménagé, à l'intérieur du terre-plein de l'arsenal, dont les installations seront complétées par la construction des ateliers indispensables à l'exécution des réparations qui s'effectueront dans le bassin de radoub. L'ensemble de ces grands travaux sera parachevé par l'adduction d'eau sur les quais et par l'amélioration de l'éclairage des abords du port, qui comprendra, en outre des feux dont il a déjà été parlé, un nouveau phare sur l'île de Gorée. En même temps qu'on dote Dakar d'un système complet d'égouts et d'un service d'eau, on assainit ses abords. La dépense totale nécessitée par ces divers travaux ainsi que par la défense de la place s'élèvera à près de 40 millions, et ce chiffre donne une idée de la grandeur de l'effort accompli.

Digitized by Google

Les travaux du port ont été confiés à l'entreprise Hersent, sous la haute direction de l'ingénieur en chef Ficatier, secondé par le capitaine d'artillerie coloniale Merlin. Leur exécution, retardée par l'épidémie de fièvre jaune de 1900 et par des mécomptes dans la nature des dragages, est actuellement en bonne voie, et l'on peut espérer que les diverses installations du port de guerre et du port de commerce seront remises aux services intéressés dans le courant de l'année.

§ 2. — **Port de Rufisque.**

Nous avons dit plus haut que Rufisque, grâce à l'ancienneté de ses établissements commerciaux, avait conservé le monopole de l'embarquement des arachides du Cayor, malgré l'absence complète d'un port, remplacé par une rade foraine. Afin d'améliorer dans la mesure du possible les installations existantes (wharfs), 500.000 francs ont été consacrés à la construction d'un nouveau wharf et à la réfection des anciens ouvrages.

§ 3. — **Port de Konakry.**

Konakry est de fondation toute récente, puisque cette ville ne date que de 1890, époque à laquelle le regretté gouverneur Ballay édifia les premières maisons du futur chef-lieu de la Guinée Française sur le territoire du village de Boulbiné, dans la presqu'île de Tumbo. Bien que ne pouvant prétendre au grand avenir maritime de Dakar, en raison de sa situation plus excentrique par rapport aux grandes routes maritimes de l'Atlantique, Konakry peut cependant espérer beaucoup de l'essor du trafic local, lorsque le chemin de fer de la Guinée, ayant son terminus à Kouroussa ou Kankan, desservira la région minière du Bouré et les pays boisés du Haut-Niger. Sa rade, très sûre, est abritée des vents du Nord et de l'Est par les îles de Los, récemment acquises par la France en vertu de la Convention franco-anglaise du 8 avril 1904. Pour l'instant, les travaux déjà exécutés à Konakry, à savoir l'installation d'un wharf relié à la ligne du chemin de fer et l'érection d'un phare sur les îles de Los, paraissent tenir un compte suffisant des exigences du trafic actuel.

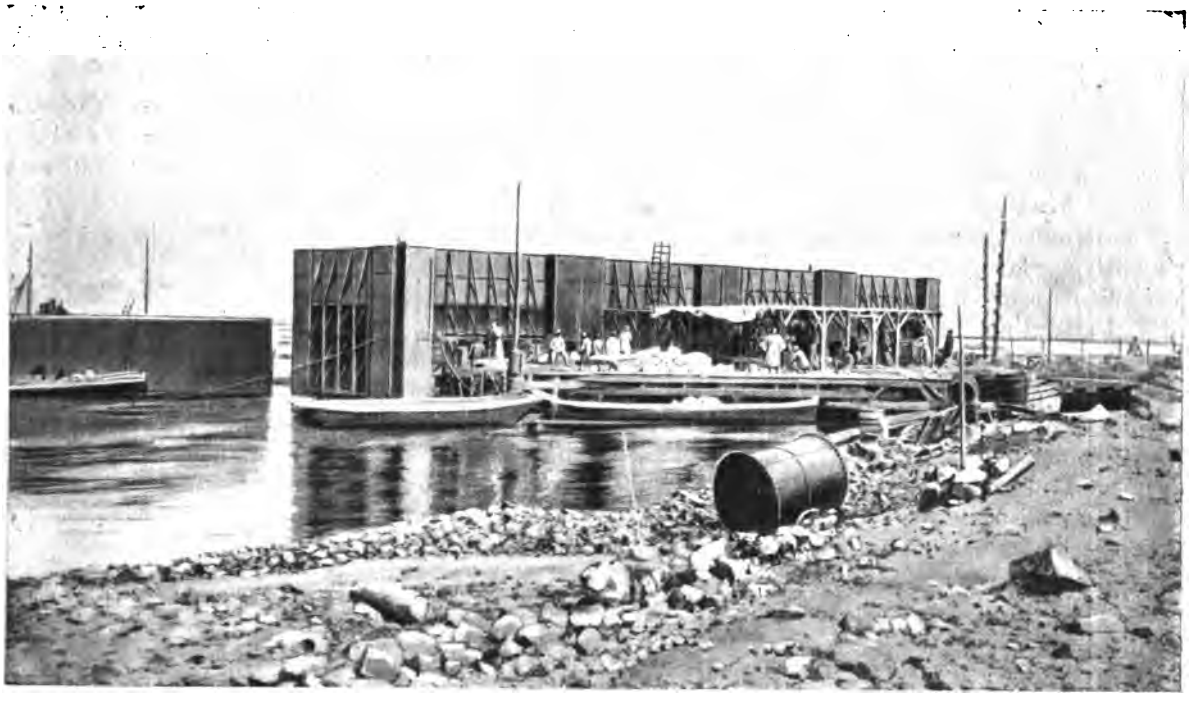


Fig. 4. — *Travaux du Port de Dakar. Caisson au lestage avec hausses en place.*

On va d'ailleurs procéder sous peu au prolongement du wharf actuel, au balisage de la passe Nord et à l'établissement d'une cale de halage pour les caboteurs. Une balise serait également placée sur le rocher du Tonnelier, qui découvre à mer basse.

§ 4. — **Abidjean**

Le littoral de la Côte d'Ivoire est d'une remarquable unité de constitution, sur un espace de plus de 220 kilomètres, du Lahou au Tanoë, dont le cours inférieur constitue la frontière du Gold Coast; « la côte est double : l'une, celle de la mer, est à peine infléchie; son étroite plage blanche se prolonge de l'Ouest à l'Est entre les rouleaux écumeux des brisants et la forêt verdoyante qui s'entr'ouvre çà et

Digitized by Google

là pour abriter un village; l'autre, celle de la terre continentale, est découpée en criques et en baies secondaires, présentant au batelier un dédale d'entrées libres ou pleines de roseaux vers les rivières de l'intérieur[1] ». Ces lagunes, qui s'étendent parallèlement au rivage, entre la plage et la terre continentale, sont d'ailleurs souvent profondes.

De cette configuration du littoral (qui caractérise également la Côte des Esclaves, au Dahomey), résulte une absence de ports en même temps que de grandes difficultés de débarquement, qu'aggrave le phénomène de la barre. Bien que l'établissement des wharfs de Grand-Bassam et de Kotonou ait singulièrement amélioré la situation préexistante, on conçoit tout l'avantage que le commerce retirerait de la création de ports en eau calme, dans ces régions. A cet égard, la solution qui se présente le plus naturellement à l'esprit est celle qui consiste à couper le cordon littoral à l'endroit d'où l'on peut accéder dans les parties profondes de la lagune. Après étude de la question à la Côte d'Ivoire, par le Commandant Houdaille, le maximum de circonstances favorables parut s'offrir à Port-Bouët (ex-Petit-Bassam). En ce point, en effet, le cordon littoral atteint une largeur minima de 800 mètres, et ce même endroit marque aussi l'aboutissement d'une vallée sous-marine à pentes très raides, bien connue des marins sous le nom de « Trou sans fond » et dont on rencontre l'équivalent en France dans le « Gouf » de Capbreton.

Cette circonstance se doublait, d'ailleurs, d'une particularité très favorable, consistant dans l'atténuation de la barre sur la partie du rivage située en face du « Trou sans fond ». Cette particularité avait même été l'une des raisons qui avaient motivé la préférence du Comité des Travaux Publics des Colonies pour l'emplacement proposé par le Commandant Houdaille.

Conformément à cette décision, l'axe de la coupure fut donc tracé de manière à déboucher perpendiculairement au rivage, au point de celui-ci qui est situé dans le prolongement du thalweg du « Trou sans fond ». Toutefois, pour se rendre compte de la nature des sables et du sous-sol, le Cᵗ Houdaille décida le creusement préalable d'un chenal d'expérience de 10 mètres de largeur sur 1ᵐ,20 de profondeur. L'exécution de ce travail, qui fut terminé en août 1904, montra que le sable à enlever avait une compacité telle qu'il ne pouvait être question d'avoir recours à une drague suceuse pour son extraction. On commanda donc une drague à godets de 350 chevaux, capable de fournir un rendement minimum de 100 mètres cubes à l'heure, pour une profondeur de 0 à 7 mètres, et de refouler cette quantité de déblais, au moyen d'une pompe, sur une conduite de 350 mètres de longueur. En même temps, on construisit un appontement pour permettre le débarquement à Port-Bouët du matériel arrivant de France à destination du chemin de fer. et l'on édifia un phare en utilisant le feu de San Pedro, qui, pour des causes diverses, avait un fonctionnement irrégulier.

En avril 1905, la drague *Tropicale* arrivait à Grand-Bassam et réussissait, au prix de grandes difficultés, à entrer dans la lagune en franchissant la barre du Comoë. Quinze jours après son arrivée, elle entrait en fonctionnement et, au 31 décembre 1905, le chenal était creusé sur 750 mètres de longueur, 30 mètres de largeur et à la profondeur de 3 mètres.

Dans le courant du printemps de 1906, on a exécuté l'évasement dans le voisinage du débouché proprement dit et terminé la coupure; mais, jusqu'à présent, on n'a pu maintenir ouvert que pendant quelques heures le chenal ainsi creusé. Il y a donc lieu d'envisager la construction d'ouvrages pour la protection du débouché. Le Cᵗ Houdaille avait pensé constituer une jetée monolithe en coulant un bateau de 70 mètres de longueur entre deux appontements en bois et en le remplissant de béton de ciment. On a renoncé à cet audacieux projet, qui aurait exigé une mer absolument calme pendant quelques jours, et l'on a entrepris, à son lieu et place, la construction d'une jetée en enrochements dans le prolongement de la rive Ouest du chenal. Cette jetée a actuellement plus d'une centaine de mètres de longueur et est constituée par des blocs pesant environ 3 tonnes.

Pour obtenir une protection efficace du débouché de la coupure, il faudra sans nul doute prolonger cette jetée jusqu'aux fonds de 7 à 8 mètres et l'incurver dans cette région, sinon parallèlement, du moins obliquement à la direction de la houle régnante, de manière à amoindrir autant que possible la violence du ressac dû à cette dernière. Il résulte, en effet, des observations du Capitaine du génie Mornet[1] que la houle joue un rôle prépondérant dans le phénomène du comblement des coupures littorales; mais, s'il en est ainsi, il est à craindre que le prolongement de la jetée ne se heurte à une difficulté très sérieuse, due à la pente très raide du talus sous-marin dans la région choisie pour effectuer la coupure. Quoi qu'il en soit, on a actuellement renoncé à donner accès aux navires dans la lagune d'Abidjean, et les efforts se borneront à y faire pénétrer des chalands de mer

[1] Élisée Reclus : Nouvelle Géographie universelle, t. XII, p. 405.

[1] *Bulletin du Comité de l'Afrique Française*, juillet 1907.

Digitized by Google

ou des bateaux de petit tonnage calant de 2 à 3 mètres au maximum.

Comme le fait remarquer le Commandant Houdaille[1] : « Tout l'avenir de la colonie est donc subordonné à la probabilité de maintenir navigable le canal maritime et de défendre son entrée contre les apports de sable. »

Les modifications restrictives apportées aux données du projet primitif permettent d'espérer que l'on arrivera à obtenir ce résultat sans une augmentation exagérée des devis primitifs.

Pour terminer cette question des ports de la Côte d'Ivoire, nous ne devons pas oublier de mentionner l'existence du wharf de Grand-Bassam, installé sur le même type que celui de Kotonou, et qui rend de très grands services au commerce, malgré les imperfections d'un moyen de débarquement obligé de compter avec les multiples inconvénients résultant de la forte houle du Sud-Ouest qui règne dans ces parages, principalement de mai à novembre.

§ 5. — Kotonou.

Nous avons dit plus haut que le littoral dahoméen présente de grandes analogies avec celui de la Côte d'Ivoire; la lagune y offre cependant des détroits aisés à franchir et la voie ferrée qui pénètre dans l'intérieur a sa tête de ligne à Kotonou, sur la plage même.

Bien qu'il ne soit pas impossible de créer en ce point un port, en employant les mêmes procédés qu'à Abidjean, on s'est contenté jusqu'à présent de l'utilisation du wharf construit en 1892. Cet ouvrage métallique, long de 280 mètres environ, permet sans doute d'effectuer les diverses opérations d'embarquement et de mise à terre au large de la barre, mais on n'évite pas ainsi les inconvénients résultant d'une houle dont la levée atteint quelquefois près de 5 mètres. Il est vrai que des navires de 2 à 300 tonneaux peuvent franchir la barre de Lagos, située à une trentaine de milles dans l'Est, et venir mouiller, sans rompre charge, dans la lagune de Porto-Novo, en face de cette dernière ville. L'amélioration de la barre de Lagos, qui fait en ce moment l'objet d'études de la part du Gouvernement de la Nigeria, rendrait donc les plus grands services à notre colonie voisine.

II. — Les fleuves.

On sait que, par une heureuse exception au régime général des fleuves africains, les deux grandes artères de la Sénégambie, le Sénégal et la Gambie, constituent des voies de pénétration d'une réelle valeur, en ce sens qu'elles peuvent être remontées, à de certaines époques de l'année, par des navires d'un tonnage relativement considérable. Au contraire, le Niger, l'Ogoouë, le Congo, l'Orange et le Zambèze présentent, au voisinage de leurs embouchures, des seuils, sinon des chutes, qui restreignent singulièrement les conditions de leur navigabilité.

De ces deux fleuves, le Sénégal coule entièrement en territoire français, tandis que la Gambie n'y a que son cours supérieur. Toutefois, il convient de ne pas perdre de vue que la Convention franco-anglaise du 8 avril 1904 nous a donné le droit d'installer un établissement en un point de la rive droite du cours du haut fleuve accessible aux navires de haute mer, c'est-à-dire en aval du seuil de Barrakounta situé à plus de 450 kilomètres de la mer. Nous verrons plus loin l'importance que présente cette clause et les objections, tout au moins momentanées, que l'on peut opposer à la création d'un port dans cette région.

§ 1. — Le Sénégal.

Revenons au Sénégal. Formé par la réunion, à Bafoulabé, du Bafing et du Bakhoy, le Sénégal développe son cours pendant plus de 1.050 kilomètres, du confluent de ces deux rivières à son embouchure.

Le Bafing, issu des montagnes du Fouta-Djallon, constitue d'ailleurs la maîtresse branche du fleuve, en raison de l'importance de son débit d'hivernage, comparé à celui du Bakhoy, issu, ainsi que son affluent le Baoulé, du massif peu élevé du Bélédougou.

Sur cette grande longueur, le fleuve ne reçoit que de rares et faibles affluents du versant saharien; le seul à signaler est le Koniakari ou Tarakolé, provenant de la région de Nioro et dont la longueur atteint près de 200 kilomètres. Encore convient-il d'ajouter qu'en saison sèche son débit est presque insignifiant. Seuls, les affluents du Sud sont importants et, au point de vue du débit, le Bafing est suivi d'assez près par la Falémé, issue comme lui du Fouta-Djallon. Le Bakhoy, bien que placé dans l'axe de la vallée principale, ne joue à cet égard qu'un rôle secondaire, et les observations de crues faites à Kayes et près des confluents de ces rivières ont montré le rôle prépondérant joué par le Bafing comme facteur des crues du Sénégal.

La crue de ces rivières est, comme celle de la plupart des fleuves tropicaux, généralement très régulière. C'est vers le 15 juin que commence à se manifester, à Kayes, celle du Sénégal; d'abord très lente, cette crue ne commence à s'accélérer qu'en juillet, pour atteindre son maximum fin août. Après cette époque, les eaux décroissent; mais la courbe de décrue en fonction du temps est généralement

[1] Le chemin de fer et le port de la Côte d'Ivoire. Berger-Levrault, éditeur, 1905.

Digitized by Google

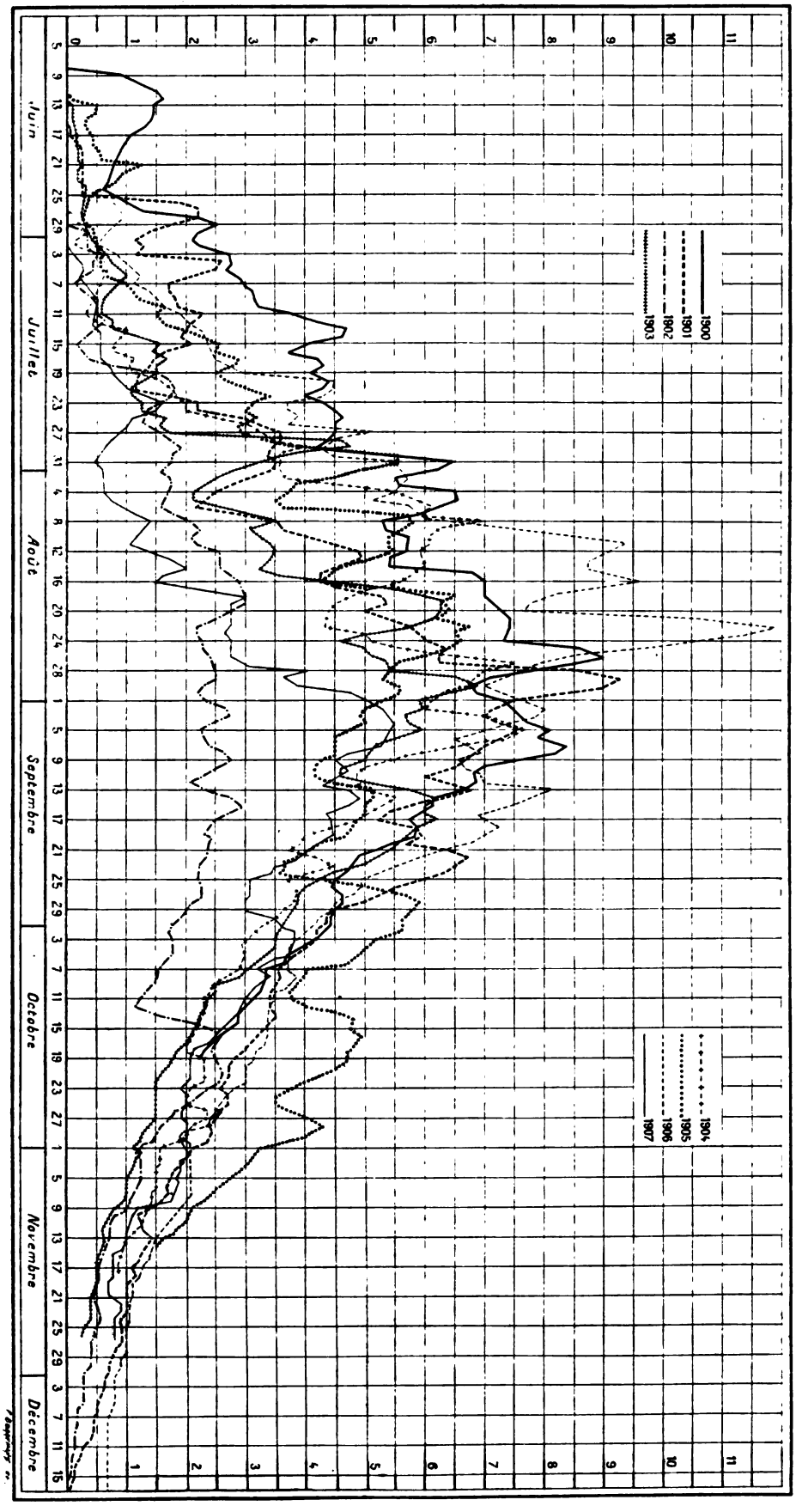


Fig. 5. — *Hauteurs des crues du Sénégal observées à Kayes de 1900 à 1907.*

moins raide que celle de la montée, l'étiage étant voisin de 3 mètres vers le 15 octobre.

Pour un même point du fleuve, la hauteur maxima de la crue est d'ailleurs très variable, ainsi que le fait ressortir le tableau suivant des crues observées à Kayes dans le cours des huit dernières années (fig. 5). Enfin, cette hauteur maxima décroît, comme il est naturel, au fur et à mesure qu'on s'approche de l'embouchure du fleuve. C'est ainsi que, pour un maximum de 14 mètres à Bakel, on n'en observe plus qu'un de 10 mètres à Matam, de 6 mètres à Podor et de 4 mètres à Dagana.

Ce fait est, d'ailleurs, favorisé par la disposition du Sénégal, qui, depuis un point situé un peu en aval de Bakel et jusqu'à Saint-Louis, a son lit principal accompagné de bras latéraux appelés marigots (fig. 6). Quelques-uns de ceux-ci communiquent avec des lacs, dont les principaux sont le lac Cayar, au nord du fleuve, et celui de Mérinaghen au sud. Ces réservoirs forment, pour ainsi dire, volant à la

Digitized by Google

crue et régularisent celle-ci en aval de l'endroit où leurs affluents se réunissent au fleuve. Il résulte de ces particularités que le Sénégal possède un véritable delta intérieur; il en est, d'ailleurs, de même du Niger en amont de Tombouctou.

De l'Atlantique à Kayes, c'est-à dire sur un parcours de plus de 900 kilomètres, la pente du Sénégal est très faible. Il résulte, en effet, du nivellement exécuté par M. le chef de bataillon du génie Mathy, que la cote du 0 de l'étiage à Kayes n'est pas à plus de 25 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Encaissé entre de hautes berges, en saison sèche, le Sénégal ne présente aucun rapide entre Saint-Louis et le barrage rocheux du Fêlou, situé à 15 kilomètres en amont de Kayes. Quelques seuils rocheux, d'ailleurs en petit nombre, n'émergeant qu'aux basses eaux, des rochers plutôt rares, et quelques coudes brusques, constituent les seuls dangers du Sénégal; encore doit-on ajouter que les premiers disparaissent lorsque la crue s'accentue.

Le balisage du fleuve, exécuté tout récemment par M. le lieutenant de vaisseau Mazeran et par la Direction des Travaux publics du Sénégal, a considérablement diminué l'importance des dangers précités, de telle sorte qu'aux hautes eaux des navires de 2.000 tonnes peuvent actuellement aller sans rompre charge de Saint-Louis à Kayes. En fait, le Sénégal a une capacité de transport presque illimitée, et c'est grâce à lui qu'a pu s'opérer la conquête du Soudan; mais il n'en présente pas moins deux défauts capitaux, à savoir : la barre de son embouchure et une faiblesse de débit, en fin de saison sèche, telle qu'il en résulte fréquemment une interruption presque complète de la navigation pendant trois mois. Examinons ces deux points.

1. *La Barre.* — Dans la région qui fait partie du Delta intérieur dont nous venons de parler, le cordon littoral est d'une parfaite régularité. Il consiste en une plage sablonneuse rectiligne, de 3 à 400 mètres de largeur, sillonnée par de petites dunes de 4 à 6 mètres de hauteur. Subissant sur sa face occidentale l'action de la houle de l'Atlantique, pressée sur sa face orientale par la masse des eaux du fleuve, cette plage — dite langue de Barbarie — cède tantôt sur un point, tantôt sur l'autre, pour se reformer ensuite par une nouvelle levée qui s'effectue à la rencontre des eaux marines et des eaux fluviales.

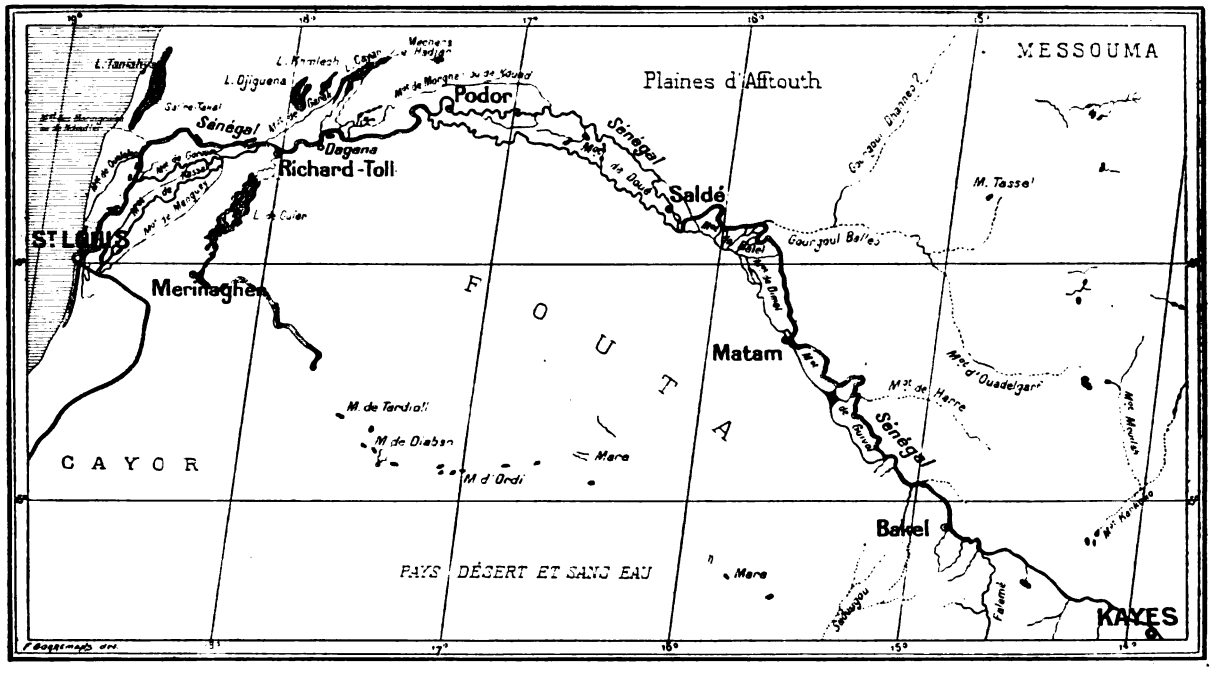


Fig. 6. — *Cours du Sénégal, de Kayes à Saint-Louis.*

« Pendant la période contemporaine, la barre d'entrée du fleuve ne s'est jamais maintenue exactement à la même place, pas plus qu'elle n'a présenté le même profil. Sur l'espace de 22 kilomètres qu'offre le rempart sablonneux en aval de Saint-Louis, la brèche varie incessamment suivant l'abondance de l'eau fluviale, la force et la direction des courants du Sénégal et de l'Océan, le régime du vent et de la houle[1]. »

La profondeur de la barre est, en général, d'autant plus grande que l'entrée est plus petite; elle varie généralement de 4 mètres à 2m,50 à marée basse. Ajoutons que, par suite de la houle et des mouvements qui en résultent pour les navires,

[1] Élisée Reclus : Nouvelle Géographie universelle, t. XII.

Digitized by Google

ceux-ci sont obligés de tabler sur des chiffres encore moindres pour ne pas être exposés au risque de talonner même à mer haute.

En ce qui concerne la variabilité de la profondeur sur la barre avec les saisons, on peut dire que cette profondeur est minima de novembre à février, maxima en avril et mai[1].

Il résulte de ce que nous venons de voir que, si, à une certaine époque de l'année, des navires de 2.000 tonneaux peuvent atteindre Kayes avec leur plein chargement, ils ne peuvent, par contre, jamais franchir la barre qu'au prix d'un déchargement préalable de la plus grande partie de ce chargement. Cet allègement pratiqué à Dakar, les navires franchissent ensuite la barre et reprennent les marchandises transbordées dans des allèges ou expédiées à Saint-Louis par voie ferrée. On conçoit facilement les frais considérables qui résultent d'un tel état de choses. Afin d'y remédier, M. Bouquet de La Grye avait proposé de fixer l'entrée du fleuve par un barrage du Sénégal et l'établissement d'une jetée sur la rive droite de l'embouchure. Ce projet, tout théorique, n'entrait malheureusement pas dans le détail des moyens d'exécution, qui présenteraient encore, à l'heure actuelle, des difficultés considérables.

Le premier de ces ouvrages paraît d'ailleurs aujourd'hui inutile, et le projet dressé par la Direction des Travaux publics du Sénégal prévoit seulement l'établissement d'une jetée établie sur la rive droite de l'embouchure, raccordée au rivage et ayant son extrémité au delà des hauts fonds qui constituent la barre. Quant au point où il conviendrait de fixer l'embouchure, il semble qu'on puisse choisir, à cet égard, l'emplacement paraissant le plus convenable.

L'étude sommaire entreprise sur ces bases comporte un devis de 5 millions; mais il paraît encore nécessaire de la compléter par une étude plus approfondie de la question, et des voies et moyens à employer pour l'exécution des travaux, rendus difficiles par l'absence complète de pierres dans la région.

2. *Amélioration de la navigabilité du fleuve.* — La fixation de l'embouchure du Sénégal et la suppression de sa barre amélioreraient sans aucun doute, dans une large mesure, les conditions économiques des transports entre Kayes et l'Europe, de même que le balisage du fleuve a singulièrement amoindri les dangers de sa navigation; mais, malgré tous ces travaux, l'impossibilité d'effectuer un trafic fluvial quelconque en fin de saison sèche n'en subsisterait pas moins.

[1] Bouquet de La Grye : *Revue scientifique*, 3 juillet 1886.

Depuis l'époque, déjà lointaine (1860), où le lieutenant de vaisseau Braouëzec exécutait, sur l'ordre de Faidherbe, la première reconnaissance hydrographique sérieuse du Sénégal, jusqu'à nos jours, quantités de projets ont été dressés en vue d'améliorer la navigabilité du fleuve aux basses eaux. Quelques-uns de ces projets, par trop simplistes, résolvaient la question par le dragage pur et simple des bancs de sable et le déroctage des seuils rocheux[1]. D'autres[2] préconisaient l'établissement d'écluses et de barrages, afin de relever le plan d'eau dans chacun des biefs ainsi créés. Enfin, en 1886, le lieutenant Brosselard-Faidherbe préconisait l'abandon partiel du Sénégal, et l'adoption d'une ligne fluviale, constituée partie par le fleuve, partie par les marigots de Doué et de Guivol. Il reconnaissait, cependant, l'impossibilité d'effectuer ce parcours sans transbordements terrestres, et admettait encore une interruption de la navigation en mai et juin.

Depuis cette époque, divers officiers et ingénieurs, notamment M. le lieutenant de vaisseau Buchard (en 1892), ont encore étudié le cours du fleuve; mais c'est de ces dernières années que datent les travaux qui ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur la question. Parmi ceux-ci, il convient de citer, en première ligne, ceux de la Mission dirigée par M. le chef de bataillon du génie Mathy, qui a, pendant près de deux ans, étudié et précisé les conditions et les données du problème qui nous occupe

D'une manière générale, la conclusion qui se dégage de l'ensemble des données de la question est la suivante :

Quels que soient les procédés employés pour créer un chenal dans le lit moyen du fleuve, — dragages, digues, épis, — le débit d'étiage (4 mètres cubes!) est trop faible pour le remplir, eu égard aux pertes dues à l'évaporation et aux infiltrations, qui seraient telles que le niveau de l'eau accumulée dans les biefs de retenue baisserait très rapidement.

La première question à résoudre est donc celle-ci : augmenter le débit d'étiage. Il semble qu'on puisse arriver à trouver une solution satisfaisante de ce problème en barrant le fleuve aux chutes du Félou même, car, en ce point, le débit d'étiage est notablement plus élevé qu'en aval; de plus, le lit du bief d'amont restant toujours mouillé, le barrage projeté n'accroîtrait pas les pertes par évaporation ou infiltration. Une première étude de la question, faite dernièrement par M. le capitaine du génie Thybaut, a fait ressortir que la création d'un barrage, assis sur le massif grèseux cons-

[1] Dorlodot des Essarts : D'un moyen peu onéreux à tenter pour résoudre la question, etc. *Revue Maritime et Coloniale*, juin 1879.

[2] Mission Richard et Gazel (1862).

Digitized by Google

tituant la chute, permettrait d'emmagasiner 550 millions de mètres cubes d'eau, à condition de relever le plan d'eau du bief d'amont de 10 mètres.

L'ouvrage, d'une longueur totale de 1.500 mètres, coûterait environ 8 millions et donnerait le moyen de relever à 50 mètres cubes environ le débit d'étiage, pendant les quatre derniers mois de la saison sèche. Dans ces conditions, on pourrait vraisemblablement assurer en tout temps la navigation de chalands ou de vapeurs légers ne calant pas plus de 50 à 60 centimètres. L'augmentation de débit rendrait, en outre, possible la création d'un chenal au moyen de digues et d'épis. Cette situation, déjà assez satisfaisante en soi, pourrait encore être grandement améliorée par la création en amont d'un second barrage à Thalari, en mettant à profit l'existence, à cet endroit, d'une cluse rocheuse. Le barrage ainsi créé aurait une hauteur de chute d'environ 20 mètres. La question des barrages n'est d'ailleurs pas encore sortie de la période des études préliminaires, et il s'écoulera encore vraisemblablement quelques années avant qu'une solution soit définitivement adoptée. Pour l'instant, les travaux à exécuter devront se borner au dérasement de certains seuils rocheux, notamment ceux de Tambokhané et de Diakhandapé, situés à 15 milles en aval de Kayes, et qui constituent un obstacle des plus gênants. L'exécution de ce travail peu coûteux permettrait de prolonger pendant plusieurs semaines, chaque année, la période pendant laquelle les bateaux de très faible tirant d'eau peuvent accéder à Kayes.

§ 2. — Le Niger.

Sans égaler l'immense ramure fluviale du Congo, le système hydrographique du Niger présente cependant un développement de plus de 4.500 kilomètres de voies susceptibles d'être utilisées par la navigation pendant une partie de l'année, dont 3.200 environ se trouvent en territoire français. Ce fait explique l'intérêt majeur qui s'attache à la mise en état de navigabilité des biefs du grand fleuve soudanais qui relèvent de notre domination.

Esquissons d'abord les traits principaux qui caractérisent le parcours et le régime du Niger. Issu d'un massif de granit rouge dont les plus hauts sommets peuvent dépasser l'altitude de 1.600 mètres, le Niger, à la sortie de ce massif, profondément érodé pendant la suite des âges géologiques, coule d'abord vers le N.-E., puis décrit la boucle immense qui l'amène à son embouchure, dans le fond du golfe de Guinée, après un parcours de 4.500 kilomètres. La grandeur de cette boucle sera mise en évidence par le fait que la distance mesurée sur la carte, entre la source et l'embouchure est inférieure à 2.000 kilomètres. Ainsi que la plupart des grandes artères africaines (Congo, Nil, Zambèze), le lit du Niger est coupé en certains points par des barrages rocheux qui interrompent la navigation sur une longueur souvent considérable.

La longueur des biefs navigables existant entre deux barrages consécutifs est cependant parfois très grande et peut être largement utilisée pour la mise en valeur des régions riveraines.

Les trois grands biefs navigables dans lesquels se partage le cours du Niger sont, en allant de la source vers l'embouchure : 1° le bief Kouroussa-Bamako; 2° le bief Koulikoro-Ansongo; 3° le bief de Geba au golfe de Guinée. Le dernier d'entre eux étant en territoire anglais, nous ne nous occuperons ici que des deux premiers. Le premier d'entre eux a son origine à Kouroussa, futur terminus du chemin de fer de la Guinée française; de ce point, à Bamako, situé à 350 kilomètres en aval, le Niger est navigable, de fin mai à fin février, pour des chalands tirant $0^m,30$; mais, du 1er août au 1er octobre, la calaison des bateaux circulant dans le bief peut atteindre $1^m,25$.

A Siguiri, situé à 150 kilomètres en aval de Kouroussa, le Niger reçoit le Milo, important affluent venant du Sud, et qui peut être remonté jusqu'au centre populeux de Kankan, dans les mêmes conditions que le fleuve lui-même.

Le barrage rocheux situé près de Bamako, et qui donne naissance aux chutes de Sotuba, marque la limite du bief précédent. De Sotuba à Toulimandio, c'est-à-dire sur une longueur de 40 kilomètres environ, le fleuve, encombré de roches et de barrages, peut être considéré comme pratiquement innavigable, bien que de légères embarcations puissent circuler entre ces deux points, du 15 août au 15 octobre. Ce n'est qu'à partir de Koulikoro (57 kilomètres de Bamako) que commence le grand bief navigable du Niger moyen, pour se terminer 1.400 kilomètres plus loin, à Ansongo; comme longueur kilométrique, le bief en question est donc comparable au bief du Congo, qui s'étend de Brazzaville aux Stanley Falls. Malheureusement, le fleuve soudanais ne possède pas l'immense ramure d'affluents navigables, qui font du Congo le rival de l'Amazone. De plus, comme le Congo est un fleuve équatorial, recevant des affluents de l'hémisphère nord et de l'hémisphère sud, il s'ensuit que, lorsque les premiers sont en crue, les seconds sont en maigre et inversement. Il résulte de cette particularité que, le niveau du fleuve n'éprouvant que de faibles dénivellations, relativement à celles que subissent les fleuves tropicaux comme le Sénégal et le Niger, sa navigabilité est à peu près assurée en toutes saisons.

En ce qui concerne le Niger, son régime de

Digitized by Google

crues est gouverné non seulement par celui des pluies qui tombent dans son bassin, mais encore par une particularité des plus remarquables, qu'offre déjà le Sénégal, quoique à un degré moindre. Cette particularité consiste dans l'existence d'un delta intérieur extrêmement vaste et possédant des réservoirs lacustres d'une capacité d'emmagasinement considérable (fig. 7). On peut placer l'origine de ce delta à Diafarabé (380 kilomètres de Koulikoro); c'est, en effet, là que prend naissance le marigo de Diaka, bras secondaire du fleuve, et qui comme lui coule vers le lac Dhebo. De ce dernier lac sortent l'Issa-Ber, bras principal du Niger, et le Bara-Issa, qui rejoint le précédent à El-Oualedji. Outre ces deux artères maîtresses, un véritable lacis de canaux couvre la région, reliant les deux bras précédents entre eux et avec les grands lacs qui s'étendent de part et d'autre du fleuve, principalement sur la rive nord (lacs Faguibine, Télé, Fati, Horo, etc.), lacs dont la superficie atteint près de 3.000 kilomètres carrés. Tombouctou, ou plutôt Kabara, marque l'autre extrémité de ce delta, dont nous venons de décrire la configuration à grands traits.

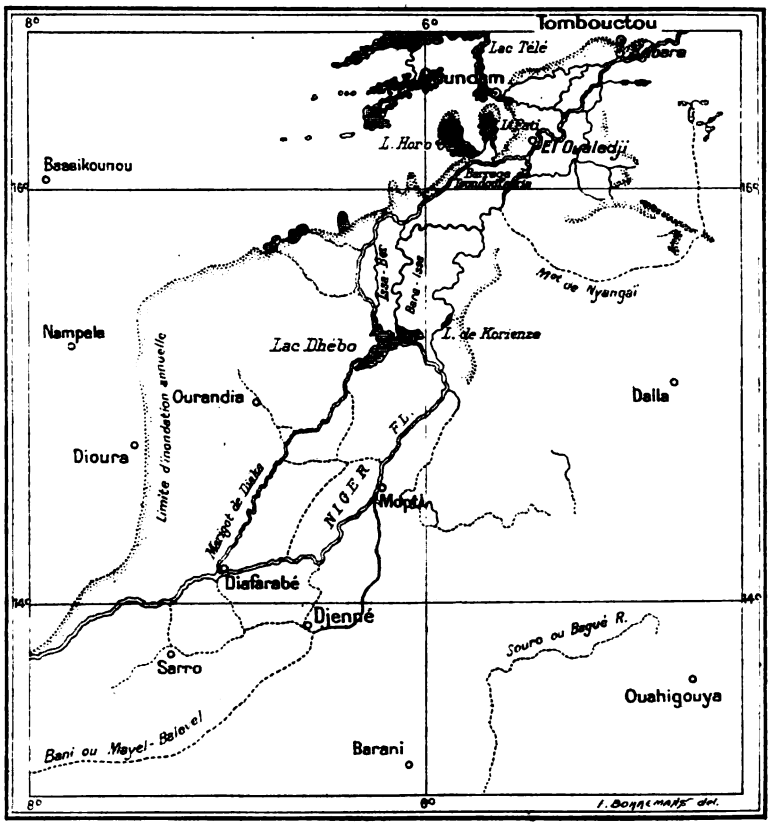


Fig. 7. — *Delta intérieur du Niger.*

Il nous reste à examiner le rôle joué par les lacs du Delta vis-à-vis de la crue annuelle du fleuve. La saison des pluies commence dès les premiers jours d'avril dans le massif forestier d'où sortent le Niger, le Milo, le Balé et le Bani; puis elle se propage vers le Nord, suivant ainsi le mouvement du soleil sur l'écliptique. La crue se fait sentir fin avril à Siguiri, au confluent du Milo; en mai, à Bamako; puis elle se propage jusqu'au lac Dhébo; elle reste alors stationnaire jusqu'à ce que le plein de ce réservoir soit effectué. A partir de ce moment, l'onde de crue sortie du Dhébo se dirige, par le lacis de canaux dont nous avons parlé tout à l'heure et par l'Issa-Ber et le Bara-Issa, vers les lacs de la région de Tombouctou. Au remplissage de ces lacs correspond un ralentissement dans la crue en amont, qui se fait sentir au delà de Mopti. Le maximum de celle-ci est atteint à Koulikoro vers le 15 septembre (6 mètres environ en année normale), et vers la fin d'octobre à Mopti, situé au confluent du Bani et du Niger. En aval de ce point, la crue continue par suite de l'apport du Bani et de la fin du remplissage des lacs. C'est ainsi que la crue n'atteint son maximum à Tombouctou qu'à la fin de janvier. A Ansongo, situé à 500 kilomètres en aval, le plus haut niveau n'est atteint que dix à quinze jours plus tard. Ainsi, par suite du remplissage des lacs du delta, le maximum de la crue se trouve retardé de quatre mois et demi à Tombouctou par rapport à Koulikoro. Il résulte de cette particularité remarquable qu'alors que la navigation est supprimée dans la région Mopti-Koulikoro, elle est encore possible pendant plusieurs mois entre la sortie du Dhébo et Ansongo. En fait, on peut utiliser de juillet à mai, c'est-à-dire pendant près de dix mois par an, le matériel fluvial circulant dans le bief Koulikoro-Ansongo, à condition de déplacer ce matériel avec la crue. C'est ainsi qu'en année normale des bateaux calant $0^m,80$ peuvent circuler de juillet à la mi-janvier entre Koulikoro et Tombouctou et d'octobre à fin avril au delà de Tombouctou.

En crue, la navigation ne rencontre, d'ailleurs, que peu d'obstacles naturels. Entre Koulikoro et le Dhébo, quelques bancs de sable, situés principalement à hauteur de Sansanding et de Ségou, constituent des hauts fonds, qui ne sont gênants qu'au

Digitized by Google

début et à la fin de la crue. Enfin, il existe entre Niafunké (730 kilomètres de Koulikoro) et le déversoir du lac de Horo un barrage rocheux (barrage de Tundifarma) peu élevé, au sujet duquel s'applique l'observation précédente. Le balisage du fleuve, actuellement en cours d'exécution, permettra, d'ailleurs, aux bateaux d'éviter les obstacles dans d'excellentes conditions.

Au delà de Tombouctou, le Niger présente, respectivement en amont et en aval du défilé de Tosaye, deux barrages rocheux, dont le balisage et l'amélioration vont être entrepris sous peu. On peut donc espérer que, d'ici peu, les bateaux à vapeur du tirant d'eau d'un mètre pourront circuler en toute sécurité sur les 1.400 kilomètres qui séparent Koulikoro d'Ansongo. Bien qu'à partir du Dhébo le Niger coule entre des rives quasi désertiques, les régions traversées n'en offrent pas moins des possibilités économiques considérables, tenant à la présence de très nombreux moutons à laine. Entre Koulikoro et Diafarabé, le sol est propre à la culture du coton; enfin, dans la région de Mopti, l'inondation annuelle a donné lieu à la création de rizières dont il serait possible d'augmenter l'étendue dans de vastes proportions.

En définitive, le bief Koulikoro-Ansongo, augmenté du parcours Mopti-San sur le Bani et des canaux du delta intérieur, a un développement d'au moins 2.000 kilomètres, et sa navigabilité est possible et facile pendant une notable partie de l'année. Cette région de notre domaine africain est donc particulièrement favorisée au point de vue des communications naturelles, et, lorsque la ligne Kayes-Niger sera prolongée jusqu'à la côte, on pourra effectuer le trajet Dakar-Tombouctou en huit à neuf jours. Dans ces conditions, il est permis d'augurer un essor économique rapide de la vallée du Niger[1].

Au delà d'Ansongo, le Niger a son lit obstrué par des seuils rocheux qui donnent naissance à des rapides dont le franchissement, même par de petits chalands, est, sinon dangereux, du moins pénible pendant la plus grande partie de l'année (Rapides de Fafa et de Labezenga). Ce n'est que pendant la période des hautes eaux, c'est-à-dire du 15 novembre au 15 avril, que les embarcations dont il s'agit (chalands de 5 tonnes) circulent sans difficultés entre Ansongo et Niamey, chef-lieu du territoire militaire du Niger[2]. Les ressources de cette région peu populeuse sont, d'ailleurs, des plus restreintes et rendent peu urgente l'amélioration de cette partie du Niger.

XXX.

[1] Une compagnie, actuellement en voie de formation, se propose d'installer fin 1908, un service de bateaux à pétrole dans le bief Bamako-Kankan et un service de bateaux à vapeur entre Bamako et Tombouctou; ce dernier service serait ultérieurement prolongé jusqu'à Ansongo. Cette année même, le vapeur fluvial *Mage* a fait plusieurs voyages entre Tombouctou et Ansongo, sans rencontrer de difficultés sérieuses.

[2] Il y a quelques mois, M. le commandant Digue a effectué le parcours en question sur un chaland de 15 tonnes, actionné par un propulseur amovible commandé par un moteur à essence. De ce fait, il est permis d'espérer une amélioration considérable des conditions dans lesquelles pourra s'effectuer le ravitaillement des régions du Tchad.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Jouguet (E.), *Ingénieur des Mines.* — **Lectures de Mécanique. La Mécanique enseignée par les auteurs originaux.** — *Première partie* : **La naissance de la Mécanique.** — 1 *vol. gr. in*-8°, x-210 *pp.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *Gauthier-Villars, éditeur. Paris,* 1908.

Ce serait une science bien agréable à enseigner que la Mécanique rationnelle, s'il était permis d'en commencer l'exposition au second chapitre; en l'étude des théories de la Statique et de la Dynamique, algébristes et géomètres de tous les temps ont rivalisé d'ingéniosité; guidé par de tels maîtres, le professeur a beau jeu de satisfaire à la fois, en son auditeur, le sens logique, qui exige une parfaite rigueur, et le sens esthétique, qui souhaite une extrême élégance; volontiers, il dirait, avec Léonard de Vinci, que « la Mécanique est le paradis des Sciences mathématiques ».

Malheureusement, l'accès de cet Eden est jalousement gardé. Avant qu'il lui soit permis de dérouler l'ample et majestueuse théorie de l'équilibre et du mouvement, il faut que le maître mette ses élèves en possession des principes dont cette théorie n'est que le développement logique; et c'est là, c'est en ces premières leçons sur les fondements qui doivent porter tout l'édifice de la Mécanique, que sa tâche est infiniment ardue.

Que sont, en effet, ces premières propositions d'où la déduction doit faire sortir toute la Statique et toute la Dynamique?

Sont-ce des axiomes d'immédiate évidence, semblables à ceux de la Géométrie? Descartes, et bien d'autres après lui, l'ont pensé. S'il en est ainsi, le Mécanicien n'aura pas plus de peine que le Géomètre à présenter les débuts de sa Science; il imitera Euclide; il énoncera les postulats dont il désire qu'on lui accorde la certitude; et l'esprit des disciples, séduit par le caractère naturel et satisfaisant de ces postulats, lui en concèdera sur-le-champ le libre usage.

Ces principes sont-ils des faits d'expérience généralisés par induction? Newton l'a affirmé, et sa grande autorité a contribué à la vogue durable de l'opinion qu'il avait émise. Si cette opinion est vérité, le professeur de Mécanique saura qu'il doit, au début de son enseignement, placer la description de ces expériences, de ces faits d'observation qui, débarrassés de tout ce qu'ils présentent de particulier et d'accidentel, se transformeront en lois fondamentales de l'équilibre et du mouvement.

Mais les principes de la Mécanique ne sont nullement des vérités d'évidence immédiate; ils ne sont aucunement de ces propositions si simples et si assurées que l'esprit y adhère aussitôt qu'on les lui présente. Les plus sages des humains ont, pendant deux mille ans, discouru sur la force et le mouvement avant que la loi de l'inertie se dégageât de leurs spéculations; et aujourd'hui, l'énoncé de cette loi scandalise le commençant, surpris qu'un corps puisse se mouvoir lorsque aucune force ne le sollicite.

Les principes de la Mécanique ne sont pas davantage des faits d'expérience que l'induction aurait généralisés. Où et quand ont-elles été faites, les expériences qui ont produit la loi de l'inertie? En quelles circonstances a-t-il été donné à un homme d'observer le mouvement rectiligne et uniforme d'un corps soustrait à toute action extérieure?

Les postulats de la Mécanique sont des règles d'économie, des procédés de classification. Pour formuler toutes les lois particulières de l'équilibre et du mouvement qui nous sont connues par l'expérience, il nous faudrait énoncer un nombre immense de propositions; ces propositions se présenteraient sans qu'aucun ordre fixe présidât à leur arrangement; aucune règle précise ne nous permettrait d'apprécier l'analogie d'un cas nouveau avec les cas déjà étudiés, ne nous signalerait la loi qu'il convient d'appliquer en ces circonstances. Toutes ces lois si diverses, la Mécanique rationnelle les condense en un petit nombre d'hypothèses fondamentales; de ces hypothèses, la déduction mathématique pourra toujours faire sortir les diverses lois de l'équilibre et du mouvement, et, dans chaque pas particulier, elle fournira sans faute la loi spéciale dont il convient de faire usage; toutes ces lois nous apparaîtront reliées les unes aux autres, classées suivant un ordre rationnel parfait.

Celui donc qui enseigne la Mécanique posera, dès le début de ses leçons, les postulats dont il prétend tirer tout le développement de la Science; en les posant, il avouera qu'aucune exigence logique de l'esprit ne les requiert, qu'ils n'ont, par eux-mêmes, aucun titre à l'adhésion de l'intelligence; il avouera également qu'il n'existe point d'expérience d'où l'induction les puisse tirer. Ce qu'il réclamera pour ces principes, c'est un crédit provisoire et sous bénéfice d'inventaire; ce crédit ne se trouvera justifié que lorsque l'enseignement aura atteint son terme, lorsque l'analyse aura déduit de ces principes une foule de conséquences, lorsque ces conséquences, comparées aux lois que l'expérience a révélées, en auront donné une représentation très claire, très ordonnée, très complète, très précise.

Mais ce crédit, dont la justification se trouve remise à si longue échéance, le disciple l'accordera-t-il de bon gré? Ne réclamera-t-il pas quelque justification préalable? Ne demandera-t-il pas qu'on lui fournisse quelque motif de la confiance qu'on sollicite de lui? Une infinité de postulats peuvent se présenter à son esprit, aussi plausibles, semble-t-il, que ceux sur lesquels s'est porté le choix des mécaniciens; ne lui donnera-t-on aucune raison de ce choix, sinon le succès final du système que fournira l'ensemble des axiomes adoptés?

Un moyen se présente de satisfaire à ces aspirations si légitimes de la raison; ce moyen, dont M. E. Mach a, plus que tout autre, prôné l'emploi, c'est l'histoire qui le fournit. Si nous voulons préparer l'esprit du disciple à accepter les hypothèses sur lesquelles on prétend édifier la Mécanique, si nous souhaitons qu'il en comprenne tout d'abord le sens et la portée, retraçons sommairement la sélection, longue et pénible, qui, au cours des temps, a éliminé une foule de principes inféconds ou dangereux pour laisser subsister ceux-là seuls qu'accepte la Mécanique actuelle.

La méthode historique apparaît ainsi comme la seule voie qui puisse servir à l'introduction des premiers principes de la Mécanique. Mais que de difficultés pratiques viennent entraver l'emploi de cette méthode!

L'histoire du moindre principe de Mécanique est une succession effroyablement compliquée d'erreurs, d'aperçus encore incertains de la vérité, de tâtonnements, de repentirs, de discussions et de querelles; retracer cette histoire, si fort abrégé qu'on en suppose l'exposé, est tâche impraticable pour le maître, dont le temps est mesuré, qui doit poser, en peu de leçons, les principes de la science, afin d'aborder plus vite le développement de la théorie, afin de parvenir plus tôt

Digitized by Google

aux applications; tout au plus peut-il jalonner, d'une façon extrêmement sommaire, la route par laquelle la Mécanique est parvenue à son état actuel; pour le reste, force lui est de renvoyer ses auditeurs à la lecture des inventeurs eux-mêmes.

Mais, comment cette lecture leur serait-elle abordable? D'Aristote jusqu'à nos jours, la liste est longue de ceux qui ont contribué à formuler, à éclaircir, à imposer à l'acceptation des hommes les postulats de notre moderne Mécanique. Réunir leurs écrits est chose fort malaisée; il en est qu'on a publiés seulement alors que l'imprimerie était au berceau, et ceux-là, les bibliophiles s'en disputent à prix d'or les rares exemplaires; il en est qui n'ont jamais été imprimés; copiés sur le vélin par quelque moine du XIIIe et du XIVe siècle, les vers et la poussière des grandes bibliothèques auront bientôt achevé de les détruire.

Ces textes sont écrits en toutes les langues de l'Antiquité classique ou de l'Europe moderne; mais il ne suffit pas d'en traduire les mots pour les comprendre; ce que la plupart d'entre eux disent de l'équilibre, du mouvement, de la force, se relie à un système philosophique dont l'intelligence est nécessaire à celui qui veut saisir la pensée de l'auteur; ainsi la lecture des inventeurs de la Mécanique exige, successivement, que l'on connaisse les tendances dominantes du Péripatétisme, de l'Atomisme, du Cartésianisme, du Dynamisme leibnitzien, du Positivisme moderne.

D'ailleurs, en un écrit produit par l'un des grands inventeurs de la Mécanique, une partie seulement, et parfois une partie bien minime, renferme ce par quoi cet écrit a contribué au progrès de la Statique ou de la Dynamique; le reste (et ce reste forme souvent la part la plus étendue, celle qui, tout d'abord, sollicite l'attention) est formé de développements et de discussions dont l'influence sur la science actuelle a été insensible ou nulle; parmi ce fatras de doctrines usées, auxquelles l'érudit seul prendra le temps de s'arrêter, elle est bien malaisée, la recherche du passage intéressant.

En ce passage même, tout n'est pas vrai; souvent l'erreur y est intimement mêlée à la vérité, en sorte qu'il est fort difficile de dégager celle-ci à l'état de pureté; l'erreur, d'ailleurs, doit être condamnée par le logicien; mais elle ne doit pas toujours être négligée par celui qui veut comprendre comment la Science mécanique s'est formée; il y a eu des erreurs fécondes, et tel de nos postulats, universellement admis, provient, par une suite de corrections et de retouches, d'une hypothèse gravement fautive; ainsi, la lecture même d'un mécanicien du passé ne peut être faite avec discernement si l'on ne connaît l'œuvre de ceux qui l'ont suivi; les fruits que ceux-ci ont recueillis permettent seuls de juger l'arbre que celui-là a planté.

Il est donc indispensable que celui qui étudie la Mécanique connaisse l'œuvre de ceux qui ont créé cette science; et, d'autre part, il ne saurait aborder directement la lecture de leurs écrits.

La conclusion s'impose : Entre les premiers inventeurs et l'étudiant moderne, il faut un intermédiaire. Ce que l'étudiant ne peut faire, cet intermédiaire le fera; il recherchera les livres, difficiles à trouver, où se cachent les sources de la Mécanique; il recueillera et isolera les passages où sont contenus les germes de la Science actuelle; ces passages, il les traduira dans la langue maternelle de l'élève; enfin, il les annotera et les commentera, résumant les doctrines philosophiques hors desquelles ces fragments perdraient leur véritable signification, séparant la vérité de l'erreur, discernant, en celle-ci, ce qui est périlleux et funeste de ce qui est germe de découvertes futures; il produira ainsi des *Lectures de Mécanique* où l'enseignement des auteurs originaux se trouvera mis à la portée de l'étudiant.

De cette œuvre, M. E. Jouguet, ingénieur au corps des Mines, vient de nous donner la première partie; la seconde, nous en avons l'espoir, suivra à brève échéance.

Cette première partie va d'Aristote à Huygens et à Leibnitz; elle débute au moment où commence la Mécanique péripatéticienne, destinée à mourir en son entier, mais après avoir engendré successivement les diverses parties de la Science moderne; elle s'achève au moment où les divers principes arrivent à se dégager de l'erreur et vont être formulés avec clarté; elle conte l'enfance de la Statique et de la Dynamique. Il est à peine besoin de dire combien, en cette partie, la besogne de l'éditeur des *Lectures* était ardue et délicate, avec quel soin les passages reproduits devaient être choisis, avec quelle minutie, et aussi avec quelle discrétion, ils devaient être commentés. Avec quelle perfection M. Jouguet s'est acquitté de cette tâche, je serais plus à l'aise pour le dire si l'auteur ne m'eût comblé de témoignages trop flatteurs; je craindrais, en le louant, de sembler acquitter une dette de reconnaissance. Cette crainte, cependant, ne sera pas assez forte pour étouffer les éloges que l'œuvre mérite. Je voudrais voir les *Lectures de Mécanique* entre les mains des étudiants de nos Ecoles et de nos Facultés, mathématiciens, mécaniciens, physiciens, *philosophes*; je voudrais qu'ils lussent avec une pénétrante attention non seulement les pièces géniales des grands inventeurs, que ces *Lectures* mettent à leur portée, mais encore les notes que M. Jouguet a données pour compagnes à ces pièces; il est telle de ces notes, celle, par exemple, qui, à propos de l'œuvre d'Archimède, traite de la nature des définitions reçues en Mécanique, dont je ne saurais trop recommander la méditation; c'est un des morceaux les plus profonds que l'on ait, depuis bien longtemps, écrits sur la méthode de la Physique.

J'allais louer l'exécution typographique des *Lectures de Mécanique*, mais la louange serait bien inutile; l'ouvrage sort des presses de M. Gauthier-Villars.

P. Duhem,
Correspondant de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences
de l'Université de Bordeaux.

2° Sciences physiques

Bouasse (H.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.* — **Cours de Physique**, *conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de Physique. Tome III* : **Electricité et Magnétisme.** — *1 vol. grand in-8° de 412 pages.* (*Prix* : 12 *fr.*) *Ch. Delagrave, éditeur. Paris*, 1908.

Les notions de vecteurs, flux, polarisation des milieux se sont généralisées avec le développement des connaissances humaines. Elles ont cessé d'être confinées dans les questions particulières qui ont conduit à les acquérir et à les définir nettement. Méthodiquement coordonnées, elles forment un tout dont l'étude ne peut être qu'une excellente préparation à celle de l'Electricité et du Magnétisme.

C'est pour cette raison que M. Bouasse, en écrivant le tome III de son Cours de Physique, s'est écarté des méthodes traditionnelles. Il débute par une introduction mathématique très développée sur les vecteurs, les flux et, d'une manière générale, sur les actions en raison inverse du carré de la distance. Il en résulte que le lecteur prévenu ne devra pas s'étonner si, en ouvrant ce livre intitulé « Electricité et Magnétisme », il tombe sur un chapitre traitant la question des marées ou discutant la théorie de l'origine météorique de la chaleur solaire.

Cette manière de débuter évite les redites au cours de l'ouvrage. Le lecteur n'est pas arrêté, à chaque pas, par la nécessité d'établir un nouveau théorème avant d'en faire l'application, et les diverses questions peuvent être attaquées tout de suite sous la forme où elles présentent un véritable intérêt.

Il en résulte, naturellement, une certaine perturbation dans l'ordre où l'on est habitué à trouver le développement des diverses parties d'un Cours d'Electricité et de Magnétisme : mais, dans les ouvrages qu'il a déjà publiés, l'auteur a montré qu'il sait donner

Digitized by Google

aux sujets qu'il traite une clarté nouvelle, en les présentant sous une forme qui n'est pas celle sous laquelle on a l'habitude de les voir.

Malgré son allure mathématique, le tome III de ce Cours, pas plus que les deux qui l'ont précédé, ne perd de vue les faits expérimentaux. Ces faits ne sont point un simple prétexte à développement de calculs n'aboutissant à aucune conclusion tangible ou vérifiable : leur portée pratique et les applications qui en découlent sont signalées avec soin chaque fois que l'occasion s'en présente.

Enfin, la préoccupation constante de l'auteur, dans le développement des divers chapitres, est de préparer le lecteur à l'Electro-Optique qui doit former un volume spécial. Le caractère aussi intéressant qu'original du tome relatif à l'Electricité et au Magnétisme ne peut que faire souhaiter, pour un prochain avenir, la publication de ce nouveau volume. E. COLARDEAU,

Professeur de Physique au Collège Rollin.

Eckenstein (Ed.), *Président du Conseil d'Administration de la Malterie franco-suisse.* — **Développement et progrès de la fabrication du Malt pendant les quarante dernières années.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 211 *pages avec figures.* (*Prix* : 5 *fr.*) *A. Hermann, éditeur. Paris*, 1908.

M. Eckenstein administre depuis de longues années une importante malterie; il est donc parfaitement placé pour décrire et apprécier les progrès réalisés dans cette industrie.

On trouve dans son volume la description, avec dessins, des appareils présentés dans l'ordre chronologique, et il faut louer l'auteur d'avoir ainsi réuni des documents épars dans les journaux spéciaux ou dans les brevets; l'historique de la germination pneumatique occupe une place spéciale, et M. Eckenstein tranche entièrement au profit de D. Grüber la question de priorité revendiquée pendant longtemps par Galland; enfin, dans un chapitre intitulé : « La science dans la fabrication du malt », l'auteur passe en revue les principaux travaux scientifiques, les journaux et Instituts spéciaux; on peut regretter que, dans cette partie, les sympathies ou les aversions de l'auteur ne soient pas oubliées.

Mais la lecture de cet ouvrage est rendue difficile et agaçante par la langue singulière employée; il est probable que le livre a été écrit primitivement en allemand et qu'il a été ensuite traduit littéralement par une personne peu familière avec notre langue; il en résulte des phrases presque incompréhensibles, des tournures pénibles qui rappellent un peu trop ce que l'on appelle au collège une version mot à mot et sommairement comprise. P. PETIT,

Directeur de l'Ecole de Brasserie de Nancy.

Granger (A.), *Docteur ès sciences, Professeur à l'Ecole d'application de la Manufacture nationale de Sèvres.* — **La Céramique industrielle (Chimie, Technologie).** — 1 *vol. in-8° de* 644 *pages de la Bibliothèque technologique. Gautier-Villars, éditeur. Paris. Traduction allemande*, 1908.

3° Sciences naturelles

Clive Holland. — **Au Japon. Choses vues.** *Traduit de l'anglais par* M. LUGNÉ-PHILIPON. — 1 *vol. in-8° de* 198 *pages* (*avec gravures*). (*Prix* : 4 *fr.*) *Vuibert et Nony, éditeurs. Paris*, 1908.

Sous une forme que le style et l'illustration tout à la fois rendent pittoresque et séduisante, M. Clive Holland donne un très intéressant aperçu sur la vie journalière et intime du Japonais à la ville et à la campagne, et retrace, alors qu'il en est temps encore, tout le charme de ce Japon primitif et captivant que les progrès de la race ne peuvent manquer de lui faire perdre peu à peu.

L'auteur dépeint fort exactement les caractères de la nature japonaise et il nous montre les magnificences de ses arbres et de ses fleurs. Aussi trouvons-nous dans son livre de curieux détails sur la flore japonaise. Nous y voyons la place que la décoration florale occupe dans la vie nipponne. La description de la vie champêtre permet à l'auteur de parler des cultures et des travaux agricoles.

Des détails nous sont donnés sur les travaux journaliers des Japonais et sur leurs industries. La poterie et la porcelaine occupent en nombre considérable hommes, femmes et jeunes filles. D'autres industries sont passées en revue, parmi lesquelles celle du colporteur est des plus importantes.

La vie familiale, les croyances religieuses, les fêtes japonaises sont encore autant de sujets auxquels l'auteur a consacré d'intéressantes pages. Il montre que le shintoïsme représente au fond la véritable croyance des Japonais; cette religion ancienne, caractérisée par le culte de la Nature et la vénération pour les morts, s'est transformée pour eux en une force morale héréditaire, source de leurs qualités élevées et de leur patriotisme. Le bouddhisme ne s'est implanté au Japon qu'en donnant place aux divinités shintoïques.

G. REGELSPERGER.

Rouire (Dr). — **La Rivalité anglo-russe au XIXe siècle en Asie (Golfe Persique, Frontières de l'Inde).** — 1 *vol. in-16 de* 298 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 50.) *A. Colin, éditeur. Paris*, 1908.

Deniker (J.), *Bibliothécaire du Muséum national d'Histoire naturelle.* — **Les Races de l'Europe. II. La taille en Europe.** — 1 *vol. in-8° de* 143 *pages. Association française pour l'avancement des Sciences, Congrès de Lyon*, 35e *session. Paris*, 1908.

Ce travail est conçu sur le même plan que le précédent Mémoire du même auteur, concernant l'indice céphalique[1]. Il forme le deuxième livre de l'ouvrage entrepris par M. Deniker, et qui doit embrasser l'étude complète et détaillée des races de l'Europe. La plupart des chiffres mis en œuvre par l'auteur ont été obtenus sur des conscrits ou des soldats. Ce système est le seul susceptible de fournir un nombre de cas imposant. Mais on peut se demander s'il représente réellement la taille moyenne de la population masculine d'une région donnée.

On sait que, dans différents pays, on n'incorpore dans l'armée que les conscrits ayant dépassé un certain minimum de taille. Les statistiques de recrutement donnent le plus souvent la taille de ces incorporés seulement, à l'exclusion des individus n'ayant pas atteint la taille réglementaire. Mais certaines d'entre elles donnent, au contraire, la taille moyenne de tous les conscrits, y compris ceux qui ont une taille inférieure au minimum réglementaire. Il n'est donc pas possible de comparer directement les chiffres provenant de ces deux sources, sans y avoir fait une correction. Les calculs auxquels s'est livré M. Deniker lui ont montré que la taille des incorporés (c'est-à-dire des conscrits reconnus bons pour le service, ayant tous la taille au-dessus de la limite réglementaire) représente, en général, à peu de chose près, la taille moyenne de la population mâle adulte dans laquelle ils sont pris. En effet, d'une part ces incorporés, âgés de vingt à vingt et un ans, vont encore grandir de 1 centimètre environ et, par conséquent, ont une taille de 1 centimètre inférieure à celle des adultes; mais, d'autre part, leur taille moyenne est d'environ 1 centimètre supérieure à celle des jeunes gens de leur âge en général, parce qu'ils sont sélectionnés (les individus de petite taille étant exclus). Ces deux différences de taille, agissant dans des sens contraires, se compensent mutuellement, et la taille de ces incorporés représente ce que deviendra, au terme de la croissance, la taille de tous les jeunes gens d'une population donnée.

[1] Congrès de Saint-Etienne, 26e session, 1897 : *Les races de l'Europe.* I. L'indice céphalique. Paris, 1899; in-8° de 118 pages, et 1 carte en couleurs.

Digitized by Google

M. Deniker a donc été amené à appliquer les règles suivantes :

1° Ajouter 1 centimètre à la taille moyenne, lorsqu'elle est donnée d'après des mesures prises sur tous les conscrits, y compris ceux dont la taille est inférieure au minimum réglementaire, pourvu qu'ils soient âgés de vingt à vingt et un ans;

2° Ne rien ajouter à la taille moyenne quand elle est donnée d'après des mesures prises sur des incorporés dont la taille dépasse le minimum réglementaire, et âgés de vingt à vingt et un ans;

3° Retrancher 1 centimètre de la taille moyenne quand elle est donnée d'après des mesures de soldats ou autres individus sélectionnés et âgés de vingt-deux à vingt-cinq ans.

Sur la carte en couleurs jointe à cette brochure, les tailles sont distinguées de 25 millimètres en 25 millimètres, ce qui donne sept catégories échelonnées de $1^m,599$ et au-dessous à $1^m,725$ et au-dessus. Voici les principaux résultats mis en évidence : Les hautes statures sont surtout bien représentées dans le nord-ouest de l'Europe. Les Iles Britanniques, la Scandinavie, le nord de la Hollande, les côtes de la Baltique ont une population de haute taille. C'est l'habitat de la race nordique.

Dans le sud-est du continent, il y a un deuxième noyau de populations de haute taille, comprenant la Dalmatie, la Bosnie, la Serbie, la Carinthie, etc. C'est l'habitat de la race adriatique. En dehors de ces deux régions, on trouve aussi des hautes tailles dans la moitié est du Caucase.

Le reste de l'Europe, sauf quelques îlots de hautes statures, est occupé par des populations de moyenne et de petite taille. Les tailles moyennes se groupent surtout au voisinage des grandes : dans le nord-est de la France, la Belgique, la Suisse, la Prusse, l'Allemagne du Sud, l'Autriche, la péninsule balkanique.

Dans l'Italie péninsulaire et la presqu'île ibérique dominent les tailles petites et très petites. Toutefois, une zone de taille moyenne se fait remarquer sur tout le pourtour de la Méditerranée, depuis le voisinage de Rome jusqu'à Valence en Espagne. Elle reparaît sur les côtes océaniennes de l'Espagne, du Portugal et de la France. Elle occupe l'emplacement de la race atlanto-méditerranéenne de Deniker. Enfin, les tailles moyennes sont également bien représentées dans une grande partie de la Russie.

Le nord et le centre de ce pays forment, avec la Pologne et la Moravie, une vaste zone de petites tailles, qui communique par d'étroits goulots avec d'autres régions à basse stature : la Moldavie, la Hongrie, une partie de la Saxe et le centre de la Bavière. Ces « petits », qu'on peut qualifier d'orientaux, sont séparés, par un vaste et important massif de grandes et moyennes statures, des autres populations de petite taille, qui occupent la moitié sud-ouest de la France, la vallée du Pô et le centre de la Suisse. Ces « petits occidentaux » sont, à leur tour, séparés des « petits méridionaux » par des populations de haute stature occupant les Pyrénées et le Nord des Apennins. Les petites tailles du Sud occupent la majorité des péninsules ibérique et italienne, ainsi que les îles de la Méditerranée. Elles correspondent à la race ibéro-insulaire.

Si l'on compare les cartes jointes aux deux Mémoires de Deniker, on voit que, d'une façon générale, la taille se modifie avec l'indice céphalique : aux têtes longues du nord-ouest de l'Europe correspondent des tailles élevées; aux indices méso- et brachycéphales du centre, des tailles moyennes et petites. Dans le sud, les phénomènes sont un peu complexes, en ce sens que les Ibères ont à la fois un indice dolichocéphale et une taille petite, tandis que chez les Illyriens la brachycéphalie s'allie à une stature élevée. On peut donc dire que les divisions ethniques établies par M. Deniker sur l'étude de l'indice céphalique trouvent une confirmation dans celle de la taille.

Dr Laloy,
Bibliothécaire de l'Académie de Médecine.

4° Sciences médicales

Viaud (Dr L.) et **Vasnier** (H.-A.). — **La Lutte contre l'Alcoolisme.** — 1 *vol. in-8° de* 198 *pages, avec une préface de* M. Cheysson, *membre de l'Institut.* (*Prix* : 3 *fr.*) *Asselin et Houzeau, éditeurs. Paris*, 1908.

Depuis une dizaine d'années, tout ce qu'on pouvait dire au sujet de l'alcoolisme a été dit, tout ce qu'on pouvait écrire a été écrit. Les travaux qui continuent à paraître sont donc forcément amenés à s'en tenir aux faits déjà connus, quitte à les coordonner d'une certaine façon ou à les compléter par de nouvelles statistiques et de nouveaux chiffres.

C'est ce que viennent de faire, d'une façon vraiment heureuse, MM. L. Viaud et H.-A. Vasnier. Dans leur volume sur la lutte contre l'alcoolisme, ils nous donnent une série de chapitres sur l'alcoolisme et les boissons hygiéniques, sur l'alcoolisme suivant les milieux et les professions, chez l'ouvrier, le marin, le paysan, sur la lutte contre l'alcoolisme à l'école et dans l'armée, sur la législation contre l'alcoolisme à l'étranger. Il va de soi qu'avec tous ceux qui ont écrit sur l'alcoolisme, MM. Viaud et Vasnier réclament l'intervention de l'Etat contre le fléau, sous forme d'une série de mesures coercitives : suppression du privilège des bouilleurs de cru, interdiction de la fabrication et de la vente des absinthes et autres liqueurs déclarées nuisibles par l'Académie de Médecine, réduction des débits de boissons à 1 pour 300 habitants, faculté pour chaque commune de supprimer ou de limiter les débits de boissons, responsabilité civile du débitant chez lequel un buveur se sera enivré, etc.

Dr R. Romme.

Morice (Dr G.), *Directeur de la* Gazette des Eaux. — **Annuaire des Eaux Minérales, Stations climatiques et Sanatoriums de la France et de l'Etranger.** — 1 *vol. in-12 de* 313 *pages.* (*Prix* : 1 *fr.* 50.) *Maloine, éditeur. Paris*, 1908.

5° Sciences diverses

Heckel (Edouard), *Professeur à l'Université de Marseille, Directeur du Musée colonial*, et **Mandine** (Cyprien), *Instituteur.* — **L'Enseignement colonial en France et à l'Etranger.** — 1 *vol. de* 198 *pages. Barlatier, éditeur. Marseille*, 1908.

Pour décrire l'état actuel de l'enseignement colonial en France et à l'Etranger, nul n'était mieux qualifié que le savant professeur de l'Université de Marseille, qui fut un des créateurs de cet enseignement et dont les fonctions de Commissaire général adjoint de l'Exposition coloniale de Marseille, en 1906, lui ont permis d'en tracer un tableau fort exact et très vivant.

Ce qui ressort nettement de la lecture de cet ouvrage, c'est le lent développement de l'enseignement colonial primaire en France, tandis que l'enseignement colonial supérieur a pris une extension considérable.

L'*enseignement primaire* devrait être la base de l'éducation coloniale, car « c'est par l'enfance que cette éducation pénètrera dans l'âme de la nation française ». C'est d'ailleurs ce qu'ont bien compris, avant nous, les peuples colonisateurs de l'Europe, et particulièrement les Hollandais, dont l'exemple à cet égard est si instructif. On doit d'abord s'efforcer, disent avec raison les auteurs, de développer chez l'enfant le goût personnel de l'action et de l'initiative hors de la métropole; c'est alors que s'éveillera la vocation coloniale et que se créera en quelque sorte l'*énergie coloniale*. Pour obtenir ce résultat, il faut commencer par donner cet enseignement dans les Ecoles normales d'instituteurs et même d'institutrices, car il est certain que la femme française, dès qu'elle est devenue mère, est le principal ennemi de la colonisation; sa prévention à l'égard des colonies est un des obstacles les plus sérieux à notre expansion lointaine. A l'école primaire, l'enseignement

Digitized by Google

colonial devra tenir une grande place dans la « leçon de choses », dans l'étude de l'histoire et de la géographie, du dessin, etc. Il serait également utile de former des éducateurs pour les populations indigènes : c'est ce qu'a compris la *Mission laïque* en fondant l'*Ecole Jules-Ferry*.

L'*enseignement supérieur* a donné une large hospitalité à l'enseignement colonial, qui a été organisé dans un grand nombre d'Universités. C'est d'abord le *Muséum national d'Histoire naturelle*, dont l'action est si féconde dans toutes les branches des sciences naturelles et qui ne pouvait rester étranger au mouvement colonial; il est, d'ailleurs, merveilleusement outillé par ses collections et par ses laboratoires pour l'étude scientifique des produits coloniaux; aussi, dès 1899, sur l'initiative de son directeur Milne-Edwards, le Muséum mettait-il ses ressources au service de la cause coloniale, et l'on peut dire qu'aujourd'hui il est devenu le conseil officiel du Département des Colonies. Créé en 1900, le Laboratoire colonial du Muséum comprend maintenant des services de Bactériologie, de Botanique, de Zoologie et de Minéralogie, à la tête desquels se trouvent des spécialistes.

Des *Instituts coloniaux* ont été fondés à Marseille, à Nancy, à Lyon, à Bordeaux et à Nantes. C'est celui de Marseille, fondé par M. Heckel en 1900, qui a servi de type; il comprend des cours publics, un musée, une bibliothèque, un laboratoire de recherches et un jardin colonial, et chaque année les travaux de l'Institut sont publiés dans un volume. Celui de Nancy, dû à l'initiative de M. Edmond Gain, professeur à la Faculté des Sciences, a été fondé à l'aide d'une subvention du Gouvernement général de l'Indo-Chine; son enseignement est surtout agricole et forestier, et sa section forestière réalise une des conceptions les plus pratiques de la mise en valeur de nos colonies, car il importe, en effet, de préserver nos forêts tropicales de la destruction qui les menace et de tirer parti de leurs richesses par une exploitation méthodique. Les agents forestiers sont ainsi préparés à leur mission par un solide enseignement. La grande cité lyonnaise, en relations d'affaires avec l'Indo-Chine et Madagascar, a organisé à son tour un Institut colonial. De même Bordeaux, qui fait un commerce actif avec l'Ouest africain et qui est le grand marché français du caoutchouc, a fondé, en 1901, des cours, un musée, un bureau de renseignements et un jardin colonial: et c'est de cet Institut qu'est sortie la Mission Gruvel, qui a fait d'intéressantes recherches sur les pêcheries du banc d'Arguin et de la côte du Sénégal. A Nantes, une Section coloniale a été créée à l'Ecole de Commerce, qui dispose aujourd'hui, grâce à un généreux donateur, d'un château et d'un parc où sont installés un musée et un jardin d'essais.

Quant aux *Ecoles techniques*, leur rôle est surtout de préparer à leur tâche les jeunes colons et les futurs administrateurs coloniaux. D'où les services rendus par l'*Ecole coloniale* de Paris, qui fonctionne depuis 1890; par le *Jardin colonial de Nogent*, fondé en 1899 sur un terrain cédé au Muséum par la Ville de Paris, et qui comprend un service de recherches et un enseignement destiné à former les chefs des exploitations agricoles coloniales : c'est ce qui constitue l'*Ecole nationale supérieure d'Agriculture coloniale*; par l'*Institut de Médecine coloniale* de Paris et de Bordeaux, et enfin par l'*Ecole d'application du Service de santé des troupes coloniales* de Marseille.

Un chapitre, un peu bref, indique ce qui a été fait à l'Etranger pour répandre les connaissances coloniales. En Angleterre, ce sont l'*Imperial Institute*, l'*Emigrant's Information*, etc., qui répandent dans le public des notices donnant sur les colonies les renseignements les plus utiles et les plus complets, déterminant ainsi un grand nombre de vocations coloniales; en Hollande, c'est l'ingénieuse propagande faite dans les écoles primaires par le Musée colonial de Haarlem et que les lecteurs de la *Revue* connaissent par la description que nous en avons faite ici[1]; en Belgique, c'est le musée de Tervueren, devenu trop étroit, et qui doit être remplacé par un *Institut Colonial et Mondial*, dont le projet est grandiose.

Enfin, un chapitre qui devrait être lu et commenté dans toutes les écoles et dans toutes les familles françaises est celui qui traite du rôle de l'éducation dans la colonisation moderne. Les auteurs y montrent, avec une grande vigueur de pensée, que l'éducation coloniale se fait surtout par la famille. N'est-ce pas, en effet, à leur goût des entreprises lointaines, goût entretenu et développé par les parents, que les Hollandais et les Anglais doivent leur prospérité coloniale? Or, jusque dans ces dernières années, l'éducation française, au contraire, allait tout à fait à l'encontre de la colonisation. Pourtant, un mouvement s'est produit qui va sans cesse en s'accentuant : nous commençons à voir sortir de nos lycées des jeunes gens que leur intelligence et leur travail auraient pu conduire à l'Ecole Polytechnique ou à l'Ecole Centrale, et qui s'éloignent des fonctions administratives pour aller vers l'agriculture, le commerce ou l'industrie. Ce mouvement, nous devons l'encourager de toutes nos forces; nous en avons assez des préjugés qui, depuis longtemps, éloignent de belles et actives intelligences des carrières commerciales et industrielles. L'évolution se fait, et désormais nos jeunes gens ne doivent plus étouffer en eux les généreux élans qui les portent vers l'action; ils devront, au contraire, laisser éclore leur esprit d'entreprise et se lancer hardiment vers les carrières utiles. Ils détruiront ainsi ce préjugé que les colonies sont faites pour servir de refuge à tout ce que notre pays renferme d'extravagant et de taré, et, courageusement, ils devront se mettre à la besogne.

Si les Français se portent difficilement vers les colonies, cela tient à nos institutions et à nos mœurs. L'attrait des carrières libérales nous fascine et nous cache les situations plus lucratives et plus indépendantes que nous pourrions trouver ailleurs. Laisser partir un fils, souvent unique, pour des régions éloignées, est un trop lourd sacrifice pour un Français. Le jeune homme est élevé dans la crainte de tout ce qui peut troubler la quiétude de l'existence. Au contraire, on lui fait entrevoir « les avantages des situations toutes faites, où l'existence s'écoule béatement, sans effort et sans souci ». Aussi bien a-t-on raison de dire que la France est « plus une bureaucratie qu'une démocratie ».

Pour lutter contre cet état de choses, il faut agir par l'éducation sur la jeunesse et par l'enseignement sur le public. Ce qui le prouve, ainsi que le font remarquer les auteurs, c'est que l'application du programme d'éducation coloniale a donné depuis quelques années les plus brillants résultats : une pléiade de jeunes gens, sortant de nos Instituts coloniaux, ont posé les jalons de la mise en valeur de nos colonies; de nombreux chantiers sont ouverts pour créer l'outillage économique indispensable à l'utilisation des richesses naturelles; de grandes plantations ont été entreprises dans la plupart de nos possessions africaines et asiatiques; enfin les Compagnies coloniales trouvent déjà moins de résistance chez les capitalistes français.

Tout cela est bien, mais on peut encore faire mieux, et c'est ce but que visent MM. Heckel et Mandine, dans leur livre, en donnant les moyens pratiques de développer l'enseignement colonial dans notre pays.

E. Caustier,
Professeur de Sciences naturelles
aux Lycées Saint-Louis et Henri IV.

[1] E. Caustier : Les productions coloniales néerlandaises et le Musée colonial de Haarlem. *Revue gén. des Sciences* du 15 février 1906.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Novembre 1908.

La Section de Physique présente la liste suivante de candidats à la place vacante par l'élection de H. Becquerel comme secrétaire perpétuel : 1° MM. **E. Bouty** et **P. Villard**; 2° MM. **D. Berthelot, Branly, André Broca, A. Cotton, H. Pellat** et **A. Perot.**

1° Sciences mathématiques. — **M. R. Garnier** présente ses recherches sur les équations différentielles du troisième ordre dont l'intégrale générale est uniforme. — **M. M. Brillouin** montre que la construction raisonnée des appareils d'aviation exige une connaissance approfondie, que nous n'avons pas, des lois de la résistance des fluides. Ainsi, pour chaque planeur rigide en mouvement permanent rectiligne ou hélicoïde, il faudrait déterminer complètement six fonctions de six variables. — MM. **M. Lévy** et **Sébert** présentent un Rapport sur les expériences relatives à la résistance de l'air exécutées par M. G. Eiffel. La *Revue* publiera prochainement un article sur ces travaux. — **M. E.-L. Bertin** communique ses recherches théoriques sur la giration des aéroplanes, dans lesquelles il applique les méthodes qui lui ont servi à étudier la giration des navires à vapeur. Il conclut que, grâce à l'extrême simplicité de formes des aéroplanes, les données expérimentales indispensables pour préparer un projet et construire un bon appareil au point de vue évolutif sont relativement simples. — **M. P. Hatt** décrit une méthode de compensation des chaînes fermées de triangulation composées de triangles unilatéraux, obtenue en substituant la méthode de Gauss à la méthode générale de compensation. — **M. A. Angot** signale une perturbation sismique notable, enregistrée à l'Observatoire du Parc Saint-Maur dans la journée du 11 novembre.

2° Sciences physiques. — **M. Marage**, en faisant abstraction des harmoniques qui donnent le timbre de chaque voix, a obtenu des tracés très simples pour les voyelles fondamentales *ou*, *o*, *a*, *e*, *i*, lorsque ces voyelles sont bien émises. Ces tracés se modifient à chaque note lorsque la bouche n'a pas la forme qu'elle doit avoir. — **M. F. Bordas** a constaté que la radioactivité du sol dans la province d'Aconcagua (Chili), en particulier dans le canton d'Aguas Blancas, est assez intense pour colorer en peu de temps des fragments de verre placés sur le sol. — MM. **Ph.-A. Guye** et **A. Pintza** déduisent, de l'analyse volumétrique du gaz AzH^3, que le poids atomique de l'azote est compris entre 14 et 14,02; toutefois, cette méthode est trop indirecte et comporte trop de corrections pour donner des résultats aussi précis que des rapports gravimétriques directs. — **M. L. Paris** montre que l'introduction d'une petite quantité de matière étrangère (chaux) permet d'obtenir de l'alumine fondue amorphe; elle est alors colorable par les oxydes métalliques. L'auteur a obtenu ainsi de l'alumine colorée en bleu identique au saphir naturel. — **M. E. Fouard** a constaté que l'amidon, colloïde organique, se résout en solution parfaite par divers procédés réversibles. — **M. Th. Bondouy** a extrait de la pulpe du *Sclerostomum equinum*, par l'eau distillée, puis par l'alcool absolu bouillant, un alcaloïde cristallisé, doué d'un très grand pouvoir hémolytique.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Chantemesse** présente un Mémoire sur l'épidémie de fièvre jaune de Saint-Nazaire (voir p. 914). — **M. C. Bruyant** a constaté que, dans toutes les sources du nord du volcan du Sancy (Auvergne) où la température se maintient au-dessous ou au voisinage de 4°, les Planaires sont représentées par une espèce unique, le *Planaria alpina* Dana; celle-ci est donc une espèce étroitement sténotherme-glaciale. — **M. A. Billard** a étudié les *Plumulariidæ* de la Collection du *Challenger* et complète ou rectifie certaines observations faites par Allman. — **M. H. Sicard** a découvert un nouveau parasite de la Pyrale de la vigne; c'est une mouche tachinaire, la *Pareryunia vibrissata*, dont la larve anéantit, dans des proportions énormes, les chrysalides de la Pyrale. — **M. R. Minkiewicz** présente ses recherches sur l'étendue des changements possibles de couleur de l'*Hippolyte varians* Leach, que la *Revue* publiera prochainement *in extenso*. — **M. Ed. Heckel** décrit une nouvelle espèce de *Sarcocaulon* provenant du sud de Madagascar, le *S. Currali*. Il a trouvé, d'autre part, que l'écorce de tous les *Sarcorcaulon* renferme des résines à parfum très agréable. — MM. **A. Muntz** et **P. Nottin** concluent de leurs expériences que la cyanamide de calcium constitue un engrais très sensiblement analogue au sulfate d'ammoniaque; on devra, toutefois, prendre des précautions dans son emploi en couverture, en particulier n'opérer que par des temps pluvieux. — **M. J. Lefèvre** a reconnu que, contrairement aux solutions sucrées, la solution amidée à 0,5 °/₀ est incapable de nourrir l'embryon libre, tandis qu'elle alimente la plante adulte et favorise encore le développement de la graine, même en inanition de gaz carbonique. — **M. P. Bertrand** a constaté que les fossiles nommés par Unger *Syncardia pusilla*, *Hierogramma mysticum*, *Arctopodium insigne* et *A. radiatum*, *Cladoxylon mirabile*, etc., sont tous des stipes de *Clepsydropsis*. — **M. P. Berthon** montre que l'humidité atmosphérique et surtout l'eau stagnante qui demeure quelque temps après chaque pluie à la surface du sol, jointe aux autres agents de l'ameublissement des roches, sculptent le terrain en cuvettes.

Séance du 23 Novembre 1908.

M. E. Bouty est élu membre de la Section de Physique.

1° Sciences mathématiques. — **M. Em. Picard** étudie l'influence des points multiples isolés sur le nombre des intégrales doubles de seconde espèce d'une surface algébrique. — **M. L. Remy** démontre que l'invariant ρ_0 est égal à 14 pour les surfaces algébriques dont les points admettent soit une correspondance univoque, soit une correspondance du type (1,2), avec les couples de points d'une courbe de genre *trois*, générale ou hyperelliptique, mais non singulière. — **M. J. Haag** donne la solution du problème : Trouver deux surfaces applicables admettant chacune une famille de lignes égales, se correspondant dans la déformation, et telles que les lignes des deux familles soient égales entre elles. — **M. Edm. Maillet** présente ses recherches sur les équations différentielles et les systèmes de réservoirs. — **M. H. Bénard** décrit l'appareil qui lui a permis d'étudier cinématographiquement les remous et les rides produits par la translation d'un obstacle dans un liquide. — MM. **H. Deslandres** et **J. Bosler** ont étudié le spectre de la comète Morehouse avec le spectrographe à fente; ils ont vérifié l'existence de 3 raies doubles nouvelles; en outre, les raies de la queue ont des inclinaisons différentes dans le spectre. — **M. E. Guyou** décrit une nouvelle méthode pour déterminer le point à la mer qui, tout en présentant les mêmes avantages que la solution classique, est entièrement affranchie de ses imperfections.

2° Sciences physiques. — MM. **A. Cotton** et **P. Weiss**

Digitized by Google

montrent que l'écart entre les composantes latérales des raies des deuxièmes séries secondaires est exactement double de celui qu'on calcule en partant de l'étude des rayons cathodiques. Les raies de l'hélium donnent des triplets dont l'écart est exactement celui prévu par la théorie de Lorentz et les expériences sur les rayons cathodiques. — **M. Nicolas** signale l'apparition d'effluves lumineux continus ayant duré 1 h. 1/2 pendant un orage aux îles Loyalty. — **M. A. Leduc** critique l'application de la méthode de Hinrichs au poids atomique de l'argent d'après l'ensemble des expériences de Stas. Pour lui, le vrai poids atomique de l'argent est voisin de 107,9. — **M. H. Copaux** montre que les acides borotungstiques, obtenus par action de H^2SO^4 sur les borotungstates, sont les acides boroheptamétatungstique $B^2O^3,7(4TuO^3).6H^2O + 56$ aq. et borohexamétatungstique $B^2O^3,6(4TuO^3).5H^2O + 61$ aq. — **M. Em. Vigouroux**, en faisant réagir le trichlorure d'antimoine sur le nickel à 800°, a obtenu un antimoniure NiSb, $d = 7,7$, attaquable à chaud par H^2SO^4 et $HAzO^3$. — **MM. J. Minguin** et **H. Wohlgemuth** ont constaté que le pouvoir rotatoire augmente graduellement quand, dans un tartrate acide d'amine aromatique, on introduit des quantités croissantes de base; puis, à un moment donné, la déviation devient constante. Il ne se forme pas de sel neutre, mais le sel acide est de moins en moins hydrolysé. — **M. M. François** montre que la formation de la monométhylamine par chauffage des solutions d'acétamide bromé en présence d'un alcali concentré résulte d'une simple oxydation par HOBr qui se trouve dans la solution. — **MM. P. Freundler** et **Sevestre** ont préparé les acides azoïques *o*-carboxylés avec un bon rendement en faisant réagir les amines aromatiques primaires sur les acides *o*-nitrosés : $RAzH^2 + OAz.R'CO^2H = H^2O + R.Az : Az.R'.CO^2H$. — **M. O. Boudouard** a retiré, de divers charbons, par traitement à la potasse, des matières humiques correspondant aux compositions approchées $C^{18}H^{14}O^6$, $C^{18}H^{16}O^9$, $C^{18}H^{14}O^9$ et $C^{18}H^{14}O^{11}$. — **M. V. Brdlik**, en contrôlant la purification de la chlorophylle avec le spectrophotomètre, a reconnu que l'agitation de solutions alcooliques de chlorophylle avec le benzène, l'évaporation à basse température et le lavage de la chlorophylle brute à l'eau froide sont opportuns, tandis que l'évaporation à température élevée et la redissolution dans divers liquides sont nuisibles. — **M. J. Laborde** montre que le développement des pigments rouges des raisins et de divers végétaux paraît résulter d'une action diastasique sur un noyau chromogène de nature phénolique que posséderaient les tanins de ces végétaux. — **MM. J. M. Albahary** et **K. Lœffler** ont étudié l'action de quelques alcaloïdes retirés de la ciguë. La transformation d'un alcaloïde saturé en son isologue non saturé exalte l'effet physiologique, tandis que l'entrée d'un OH dans la molécule atténue la toxicité.

3° Sciences naturelles. — **M. L. Launoy** a observé des accidents très aigus à la suite de l'injection fréquente de sérum d'animaux éthyroïdés à des animaux jeunes de même espèce ayant subi l'ablation unilatérale de l'appareil para-thyroïdien. — **MM. L. Cuénot** et **L. Mercier** ont pratiqué des inoculations de tumeur cancéreuse de souris blanche à toutes les races de souris; aucune d'elles ne s'est montrée réfractaire. Il y a cependant une différence invisible entre les souris de Paris et celles de Nancy. — **M. Aug. Michel** a observé, dans les conditions défavorables de l'élevage estival, la production d'un bourgeonnement et d'une tête supplémentaire chez le *Saccocirrus papillocercus*. — **M. L. Joubin** a dressé une carte indiquant la distribution océanographique des végétaux marins dans la région de Roscoff. — **M. J. Couyat** a reconnu que le porphyre rouge n'est pas une roche distincte, constituant un filon au milieu de pegmatites; c'est un facies d'altération d'une andésite amphibolique à hornblende; il doit sa coloration à la grande quantité d'hématite qui l'imprègne intimement. — **M. F. Kerforne** montre que les minerais de fer de la forêt de Lorges (Côtes-du-Nord) appartiennent au Dévonien inférieur. — **M. Ph. Négris** a étudié la répartition des Halobies dans le Péloponèse occidental, ce qui lui permet de suivre l'allure de la nappe de charriage qui recouvre cette région. — **M. L. Sudry** a observé les monticules coniques, appelés cadoules, qui se trouvent dans le fond du milieu de l'étang de Thau. Ils sont constitués par une agglomération de serpules, dont les tubes calcaires enchevêtrés abritent une riche faune de Mollusques, d'Echinodermes et d'Ascidies. — **M. P. Martel** signale l'existence de secousses sismiques fréquentes dans la région de Constantine (Algérie).

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 Novembre 1908.

M. Quénu est élu membre titulaire dans la Section de Pathologie chirurgicale.

M. Bar présente un Rapport sur le concours pour le Prix Barbier. — **M. L.-G. Richelot** recommande l'emploi de l'eau chaude sous trois formes : douche vaginale de Luxeuil, douche péri-gastrique et douche générale dans le traitement des infections du petit bassin et de la congestion utérine; il a obtenu, par une application rigoureuse, d'excellents résultats dans de nombreux cas, qui auraient pu nécessiter sans cela une intervention chirurgicale.

Séance du 24 Novembre 1908.

M. le Président annonce le décès de **MM. E.-T. Hamy** et **A. Joffroy**, membres de l'Académie.

M. L. Landouzy présente un Rapport sur le Congrès international de la Tuberculose, à Washington, où il a représenté l'Académie. — **MM. H. Hallopeau** et **Rollier** indiquent les résultats obtenus par la cure solaire directe, combinée avec les stations d'altitude, dans le traitement des localisations de la tuberculose. L'insolation est analgésiante et favorise la cicatrisation des plaies; les améliorations et guérisons des localisations retentissent en même temps sur l'état général, qui s'améliore aussi. — **M. Courtade** donne lecture d'un travail sur la surdité et la perméabilité nasale chez les enfants des écoles. — **M. Laurent** (de Bruxelles) lit un travail sur le traitement du cancer par les injections.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 Novembre 1908.

M. F. Arloing a constaté que, chez le diabétique qui ingère des corps gras, l'état général s'améliore en même temps qu'on voit la diminution du sucre et celle de l'acétone, la disparition de la polyurie, la reconstitution de l'état général et l'amélioration des forces. — **MM. M. Ascoli** et **G. Izar** montrent que les sels d'argent exercent une action favorisante sur l'autolyse du foie jusqu'à une certaine quantité optima. — **MM. Weinberg, Léger** et **Romanovitch** ont reconnu que les helminthiases sont très fréquentes dans les départements du Gard, du Tarn, de l'Aveyron, de l'Allier, du Puy-de-Dôme et de Saône-et-Loire; en moyenne, 69 °/₀ des individus examinés (mineurs) sont parasités. — **M. P. Galesescu** décrit un procédé de coloration élective de la névroglie, basé sur l'emploi du violet de méthyle 5 B. — **M. A. Sézary** a constaté que les cellules des diverses zones de la corticale des surrénales peuvent s'emprunter mutuellement leurs caractères particuliers et que la substance corticale ne comporte qu'une seule espèce de cellule. — **M. L. Brasil** signale l'existence d'une dépression pré-orbitale sur un crâne de zèbre de Burchell; ce caractère ne saurait donc plus être invoqué pour le séparer du couagga. — **M. A. Rodet** déduit de ses recherches que les bactéries contiennent normalement un produit doué de la propriété antialexique, qui sans doute les protège contre la cytase. L'action d'un sérum spécifique anti-bactérien consiste surtout à extraire ce principe antialexique; il peut s'y joindre une action fixatrice sur ce principe libéré, qui

Digitized by Google

augmente son avidité pour l'alexine. — **M. Cl. Regaud** a étudié les enclaves lipoïdes qui ne réduisent pas l'acide osmique; ce sont soit des vésicules à paroi mince et souvent discontinue, soit des grains ou sphérules plus ou moins gros; elles paraissent jouer le rôle de fixateurs et de transformateurs de certains produits amenés par le sang. — **MM. P. Ravaut** et **A. Ponselle** décrivent un procédé d'imprégnation du *Spirochaete pallida* dans les frottis sur lames au moyen de la largine (albuminate d'argent). — **M. R. Laufer** a reconnu qu'il s'accomplit chez les neurasthéniques livrés à leurs propres pensées un travail et une dépense de force psychique considérable; fondamentalement, les neurasthéniques sont des neurhypersthéniques. — **MM. Ch. Achard** et **M. Aynaud** montrent que le globulin du sang circulant paraît capable d'absorber certains colorants; ce seraient donc des éléments doués de vie. — **M. J. du Castel** a observé que l'hyperthyroïdation ne produit jamais chez le lapin de mononucléose durable; parfois, elle provoque une mononucléose transitoire et plus souvent une leucopénie brusque et temporaire. — **M. A. Frouin** a séparé la sensibilisatrice et l'agglutinine des sérums hémolytiques préparés, par saturation avec NaCl et filtration sur membrane de collodion; l'agglutinine reste sur le filtre. — **M. H. de Varigny** signale un cas de seconde floraison du lilas en septembre, à Eloyes (Vosges).

Séance du 21 *Novembre* 1908.

MM. G. Billard et **P. Ferreyrolles** sont arrivés à injecter aux malades, sans provoquer aucun désordre, des doses d'eau minérale de La Bourboule (prise directement au griffon) atteignant 100 à 120 gr. tous les deux jours. — **M. Jungano** a isolé, chez un enfant atteint de diarrhée depuis deux ans, une espèce microbienne anaérobie stricte, ressemblant morphologiquement au colibacille. — **MM. Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont observé encore des globulins vivants dans le sang citraté jusqu'à 24 heures après la saignée; mais ils ne paraissent pas pouvoir être isolés vivants du plasma. — **MM. J. Bergonié** et **L. Tribondeau** montrent que la fulguration des testicules du rat blanc détruit électivement les cellules épithéliales, mais respecte les formations conjonctives. L'action ne s'exerce qu'à une faible profondeur. — **M. J. Lesage** signale une particularité anatomique de l'ossature du bras du *Leptodactylus ocellatus*; chez le mâle, l'humérus est un os très large, et cette adaptation lui permet de mieux embrasser la femelle. — **MM. Le Noir** et **J. Camus** ont recherché le bacille tuberculeux dans les cavités nasales d'hommes normaux et de tuberculeux; dans le premier cas, ils ne l'ont jamais trouvé; chez les tuberculeux, on ne le trouve pas constamment. — **MM. R. Lépine** et **Boulud** ont observé, chez quatre chiens ayant reçu une injection de sérum radifère dans une veine, une élévation de la température deux heures environ après l'injection; sauf un, ces chiens n'ont pas été sérieusement affectés. — **M. F. Rathery** a reconnu que l'état granulé de la cellule hépatique est indépendant de sa teneur en glycogène; l'état clair avec surcharge glycogénique est dû à un artifice de fixation; la granulation fuchsinophile n'est pas due à une granulation de glycogène. — **MM. A. Lesage, G. Leven** et **G. Barret** ont constaté, par la radioscopie gastrique, que le nourrisson est aérophage, ce qui provoque des vomissements, soit simples, soit avec spasme du cardia. — **M. Cl. Gautier** a démontré le passage de l'adrénaline dans l'urine, au cours de certains processus d'hyperfonctionnement des surrénales, par sa coloration rose intense avec la teinture d'iode. — **MM. L. Fidon, Cl. Gautier** et **Et. Martin** montrent que le sang des animaux noyés est susceptible de coaguler *in vitro*, la quantité de fibrine produite étant toutefois moindre; ce sang peut aussi demeurer liquide. Le caillot se dissout généralement au bout de 24 heures. — **M. A. Besredka** a reconnu que, lorsqu'un cobaye est devenu hypersensible au sérum, on peut le rendre réfractaire à une nouvelle injection de sérum en lui introduisant du lait cru ou du petit-lait dans la bouche. — **M. Parvu** décrit un cas de leucémie où un très grand nombre de polynucléaires avaient perdu leur pouvoir phagocytaire et où l'indice opsonique était très abaissé; les grands mononucléaires remplacent, jusqu'à un certain point, les polynucléaires dans leurs fonctions. — **MM. G. Guillain** et **A. Gy** ont observé des lésions scléreuses du foie chez les animaux intoxiqués chroniquement par le tabac. — **M. F. Picard** a découvert, vivant en parasité sur l'*Aepus Robini*, une Laboulbéniacée marine, qu'il nomme *L. marina*. — **M. A. Borrel** signale la très grande fréquence et la très grande abondance des Acariens dans les zones cancéreuses. L'épithélioma du système pilaire se développe souvent sur une lésion pré-cancéreuse, due à la présence des Acariens. — **MM. F. Battelli** et **L. Stern** donnent le nom de pnéine à la substance des tissus qui active leur respiration élémentaire, et de processus respiratoire fondamental aux propriétés respiratoires qui restent adhérentes au résidu après enlèvement de la pnéine. La première est très stable, le second très labile. — **M. G. Weiss** montre que, lorsque la grenouille est placée dans l'hydrogène, sa température tombe graduellement.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séance du 10 *Novembre* 1908.

MM. Tribondeau et **Laffargue** montrent que la sensibilité du cristallin du chat aux rayons X décroît très rapidement à partir de la naissance, pour devenir presque nulle chez l'adulte. — **M. J. Gautrelet** a reconnu que les glandes hypotensives seules renferment de la choline; si on la précipite, l'extrait de ces glandes n'a plus d'effet sur la pression. — **MM. Chambrelent** et **Brandeis** ont fait l'examen histologique d'un cas de pseudencéphalie et confirment l'opinion de Rabaud que cette anomalie est le résultat d'une méningite fœtale. — **MM. J. Sabrazès** et **R. Dupérié** ont étudié un fœtus de six mois, mort-né et macéré, présentant des lésions syphilitiques, en particulier une irido-cyclite, et de nombreux spirochètes dans les lésions.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 13 *Novembre* 1908.

M. A. Brochet expose la théorie du *procédé à cloche* employé dans la fabrication des alcalis électrolytiques. Il arrive à cette conclusion que, dans le cas où la couche-limite de la soude reste stationnaire, la concentration équivalente de la lessive sortante est donnée à 18° par la formule : $C = 5{,}75\varkappa$, $\varkappa$ étant la conductivité de la solution saline. Il donne l'historique du procédé et en discute les conditions de fonctionnement. — **M. Amand Valeur** fait connaître que l'iode se fixe sur l'α-méthylspartéine en donnant un diiodé $C^{15}H^{25}(CH^3)Az^2I^2$. Ce dérivé est très peu alcalin au tournesol, insoluble dans l'éther; ces propriétés s'accordent mal avec la constitution d'un simple dérivé d'addition. Traité par l'oxyde d'argent humide, il fournit une solution fortement alcaline d'un hydrate d'ammonium quaternaire qui, additionné de KI, laisse précipiter le dérivé diiodé primitif. Il en résulte que ce dernier est un iodométhylate d'une base iodée. La réduction par l'acide iodhydrique et le phosphore rouge transforme ce composé en iodométhylate d'isospartéine. Les transformations réciproques des dérivés de l'α-méthylspartéine confirment l'existence, établie par **MM. Ch. Moureu** et **A. Valeur**, d'une chaîne pipéridique dans la spartéine et d'une chaîne pyrrolidique dans l'isospartéine. — **M. P. Nicolardot** montre que le chlorure de soufre, S^2Cl^2, à l'état liquide, permet d'attaquer des ferro-alliages très réfractaires aux réactifs ordinaires, notamment les ferro-siliciums. Ce fait, intéressant au point de vue analytique, est d'autant plus curieux que,

Digitized by Google

dans les mêmes conditions, le chlorure de soufre n'attaque ni le fer, ni le chrome, ni le manganèse, ni même le silicium. L'auteur poursuit l'étude de l'action de ce réactif sur les divers métaux ou métalloïdes et sur leurs combinaisons ou alliages. — Dans une seconde communication, M. Nicolardot montre quel parti on peut tirer, en Chimie analytique, des vapeurs de chloroforme, notamment pour la séparation de l'acide tungstique et de la silice. Il a répété les essais contradictoires antérieurement publiés par Demarçay, Quantin, Delafontaine, Meyer, etc., et espère pouvoir indiquer prochainement les causes de ces divergences. — **M. E. Fouard** expose les résultats d'une méthode de fractionnement de la fausse solution d'amidon partiellement déminéralisé, à gélification réversible : utilisant la division du colloïde en deux fractions distinctes : l'une solide, colloïdale, l'autre en solution parfaite, séparées par filtration à travers une membrane de collodion, il détermine, dans le cours du fractionnement, un taux de solubilisation variable, décroissant, mais continu, du colloïde, accusant une résolution graduelle et totale de l'état solide en l'état liquide. Il constate, d'autre part, que cette variation décroissante de solubilité est accompagnée d'une diminution progressive de l'acidité minérale phosphorique de chaque résidu colloïdal. Il en déduit que le reste final, de solubilité minima, ne contient plus comme matière minérale que les phosphates non séparés de leurs bases, ayant échappé à la déminéralisation initiale déjà décrite. Renouvelant sur ce reste ledit traitement, il obtient un amidon sur lequel on retrouve exactement les mêmes propriétés que celles de l'amidon total du lot mis en expérience. Il est amené à cette conclusion que l'amidon est une *espèce chimique unique*, susceptible d'une solubilisation totale et réversible, maintenue sous sa forme insoluble par la réaction de son milieu salin naturel, dont les variations entraînent les changements d'états physiques. — **M. E. Léger**, en faisant agir le chlorure de potassium sur l'aloès du Cap, en solution dans HCl, a obtenu divers produits, parmi lesquels se trouve le dérivé tétrachloré d'un phénol auquel il a donné le nom d'aloésol. M. Léger décrit les propriétés de l'aloésol tétrachloré ainsi que celles de ses dérivés. Parmi ceux-ci, on remarque l'hydro-aloésol bichloré, produit par l'action de Zn sur la solution acétique du premier corps.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 25 Juin 1908 (suite).

M. E. Cunningham présente ses *recherches sur les fonctions ω*, introduites par K. Pearson dans un Mémoire de statistique biologique pour représenter une distribution symétrique autour d'un point dans un plan. L'auteur généralise ces fonctions ω et les applique à diverses questions de Physique mathématique et à la théorie des probabilités. — **M. G. W. C. Kaye** a étudié *l'émission et la transmission des rayons Röntgen* au moyen d'un tube à anticathode variable; les rayons produits traversent une mince fenêtre d'aluminium et divers écrans métalliques, et leur intensité est déterminée par la méthode d'ionisation. Il arrive aux conclusions suivantes : 1° Les intensités relatives des radiations issues de la fenêtre ne suivent pas l'ordre des poids atomiques des éléments formant les anticathodes; 2° Dans une certaine région, quand le radiateur et l'écran métallique sont formés du même métal, on observe une transmission sélective de la radiation, très marquée pour les métaux du groupe Cr-Zn; 3° Si les différentes radiations sont interceptées par des écrans d'Al d'épaisseur croissante, les intensités prennent des valeurs relatives qui ne diminuent plus à partir d'une certaine épaisseur; ces intensités limites sont proportionnelles aux poids atomiques des radiateurs. — **M. N. Eumorfopoulos** a déterminé le *point d'ébullition du soufre* au thermomètre à air à pression constante. Onze valeurs ont été obtenues, dont la moyenne donne 443°,62; mais, si l'on en retranche quelques-unes, moins acceptables, la moyenne la plus probable devient 443°,58. Malheureusement, ce résultat ne peut être regardé comme définitif, par suite de l'incertitude où l'on est resté sur la dilatation du verre. — **M. H. L. Callendar** fait remarquer que la valeur trouvée est d'environ 1° inférieure à la valeur généralement admise. Il y aurait lieu de procéder à une redétermination de la dilatation du mercure; d'autre part, il doit y avoir une erreur notable lorsqu'on détermine le coefficient de dilatation cubique d'après la dilatation linéaire d'un tube. — **M. H. L. Callendar** : *Sur la tension de vapeur et la pression osmotique d'un solvant volatil.* L'auteur montre que, si la membrane osmotique est considérée comme imperméable au corps dissous, la formule pour le changement de tension de vapeur d'un corps dissous volatil avec la pression hydrostatique, et également la formule de la pression osmotique qui s'en déduit, doivent être les mêmes que pour un corps dissous non volatil. Si, d'autre part, la membrane osmotique est considérée comme perméable à la vapeur de la solution, mais non à la phase liquide, l'équation prend une forme différente, dépendant de la concentration des constituants dans la phase vapeur. Si c_1, c_2,... sont les concentrations des constituants en grammes par gramme de vapeur, et U_1, U_2,... les volumes spécifiques des constituants dans la solution, le changement de la pression de vapeur totale dp de la solution pour une variation dP de la pression hydrostatique est donné par la relation : $\Sigma c U dP = v dp$, où v est le volume spécifique de la phase vapeur entière. — **MM. W. Rosenhain et P. A. Tucker** : *Recherches sur les eutectiques. I. Les alliages de plomb et d'étain.* Des expériences préliminaires des auteurs étant en désaccord avec les résultats de Roberts-Austen, ils ont procédé à une redétermination complète du diagramme d'équilibre des séries plomb-étain. Le point eutectique se trouve maintenant à 63 °/₀ d'étain, et la ligne eutectique se termine, du côté plomb, à 13 °/₀ d'étain. On a découvert une série de transformations dans les alliages solides à une température maximum de 150°, consistant en un changement de la solution solide d'étain dans le plomb, qui passe d'un état β à un état α, tout en rejetant de l'étain de la solution. L'examen de la structure des alliages eutectiques montre qu'ils consistent en agrégats de cristaux sphérolitiques. — **M. G. W. Smith** présente ses observations sur *les mœurs et la structure des Anaspididées*, dont il a découvert en Tasmanie un genre nouveau, le *Paranaspides lacustris*. Il montre l'impossibilité de ranger l'*Anaspides* et les formes voisines parmi les *Peracarida* ou les *Eucarida* (Schizopodes), et la nécessité d'en faire, conformément aux vues de Calman, une division spéciale : les *Syncarida*.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 13 Novembre 1908.

M. J. Fleming : *Les propriétés photo-électriques de l'alliage sodium-potassium.* L'auteur opère dans une enceinte renfermant une surface parfaitement propre de l'alliage liquide K-Na et une plaque de platine fixée au-dessus dans une position inclinée. Si la surface de l'alliage est illuminée par un faisceau lumineux puissant et si l'on relie un galvanomètre avec la plaque de platine et avec l'alliage, un courant, d'une f. é. m. de 0,4 à 0,8 volt, est produit dans ce circuit par l'action de la lumière. L'effet photo-électrique dépend à un haut degré de la couleur de la lumière absorbée par l'alliage; il est maximum pour les rayons violets qui traversent le verre de cobalt; la f. é. m. produite est aussi maximum quand le plan de polarisation du faisceau est perpendiculaire au plan d'incidence de la lumière. L'effet photo-électrique est fortement diminué quand on établit un champ magnétique, même faible, parallèlement à la surface de l'alliage. La source de la f. é. m. n'est pas identique à celle qui est due à l'effet

Digitized by Google

de contact de Volta, mais elle réside dans l'absorption de la lumière par la surface sensible. — **M. A. W. Porter** a étudié *les irradiations électriques sur les plaques photographiques*. Il montre l'effet produit par un champ magnétique normal sur l'image qui apparaît en développant une plaque photographique placée entre deux bornes entre lesquelles passe une décharge subite. Cet effet se restreint à la principale ligne de décharge et consiste dans un élargissement de cette ligne en une bande de largeur presque constante; cette bande large est produite par le gaz lumineux qui entoure l'étincelle même. Les figures en forme de palmes et les ramifications ne sont pas modifiées par le champ magnétique; l'auteur en conclut que ces figures sont déterminées par des phénomènes indépendants du mouvement des charges transportées le long de leur direction, à moins que ces charges ne possèdent une très grosse masse associée. Dans les divers gaz, les figures obtenues quand la borne négative est du côté sensible de la plaque sont très différentes; quand c'est la borne positive qui est du côté sensible, elles sont presque identiques. — **M. A. W. Porter** a observé une *anomalie dans la couverture des fils minces et des tubes étroits*. Un fil de platine mince de 0,2 millimètre de diamètre est recouvert sur certaines portions d'un tube de verre d'environ 2 millimètres de rayon extérieur. Si l'on fait passer à travers le fil un courant suffisant pour élever jusqu'à 800° la température des parties non recouvertes, les parties recouvertes restent à une température d'environ 100°. L'auteur montre également que certaines épaisseurs d'enveloppe produisent le même rayonnement de chaleur que celui d'un fil non recouvert. — **M. A. O. Rankine** a déterminé la variation avec le temps, à température constante, de *la viscosité des solutions de gélatine* très concentrées. La méthode de mesure consiste à déterminer le couple d'un cylindre intérieur quand un cylindre extérieur concentrique tourne, l'espace entre les deux étant rempli de la solution. La loi $\eta = a - be^{-\lambda t}$ se vérifie pour des valeurs du temps pas trop minimes; les constantes a, b et λ dépendent beaucoup de la température. A basse température, on constate à un certain moment un accroissement rapide de la viscosité. — **M. F. T. Trouton** décrit la construction de courbes exprimant les relations entre la concentration et la température d'une solution quand le même poids de corps dissous est adsorbé par centimètre carré après introduction d'un solide adsorbant. Ces courbes sont appelées *isonères*. Les isonères pour différents poids adsorbés sont des courbes similaires, ressemblant à la courbe de saturation de la solution.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 22 Octobre 1908.

MM. O. Silberrad et **Ch. S. Roy** ont étudié les relations de la couleur et de la fluorescence avec la constitution sur les produits de condensation de l'acide mellitique avec le *m*-aminophénol et le diméthyl-*m*-aminophénol. Ils confirment le fait qu'une structure quinoïde n'est pas une condition essentielle pour un composé fortement coloré et fluorescent. Le noyau lactonique, dans les composés obtenus, est beaucoup plus stable que dans les phtaléines moins complexes déjà connues. — **M. A. G. Green** montre qu'en étendant la théorie des liaisons quinoïdes oscillatoires de Baeyer et en supposant que le mouvement de l'ion métallique ou acide entre les deux groupes formateurs de sels est la cause déterminante de l'oscillation quinoïde, on peut expliquer tous les rapports de la constitution avec la couleur dans la série du triphénylméthane. — **MM. E. C. C. Baly** et **K. Schaefer** ont étudié les spectres d'absorption des acides non saturés de la série benzénique, afin de déterminer l'influence de la substitution de H acide par des métaux ou des groupes alkyles. — **M. F. L. Pyman** a préparé un certain nombre d'éthers aminoalkyliques substitués, dans le but d'obtenir un succédané de la cocaïne; mais les corps obtenus, tout en possédant des propriétés anesthésiques, sont toxiques et irritants. — **M. D. Tsakalotos** a exposé un tube de palladium, rempli d'argon pur à la pression atmosphérique, dans un récipient rempli d'hydrogène pur et sec. L'hydrogène traverse les parois du tube; si p est la pression extérieure de l'hydrogène et p' sa pression interne après qu'il a cessé d'être absorbé, on trouve $p'/p = 0{,}9238$, au lieu de 1 que demanderait la théorie. — **M. O. Silberrad** discute la constitution des phtaléines des acides mellitique et pyromellitique. — **M. A. E. Hill** décrit une forme nouvelle de burette à gaz, formée d'une série de 10 boules de 10 centimètres cubes, reliées par de courts tubes gradués. — **MM. R. Meldola** et **J. G. Hay** ont préparé un composé moléculaire du 2 : 3 -trinitro-4-acétylaminophénol avec le β-naphtol, cristallisant en prismes rouges, fondant avec décomposition à 184°-185°. — **M. L. H. Berry**, en réduisant l'azoxybenzène par $SnCl^2$ et HCl, a obtenu comme principal produit de la benzidine et comme produit secondaire de l'aniline, alors que Schmidt et Schultz prétendent le contraire. — **M. B. Flurscheim** a obtenu un rendement quantitatif de dichloro-*p*-nitroaniline en chlorant la *p*-nitroaniline dans un mélange d'acides acétique et minéraux à basse température. — **M. J. L. Simonsen**, en condensant l'éther mono-chlorométhylique avec le sodiomalonate d'éthyle, a obtenu le β-méthoxyméthylmalonate d'éthyle, Eb. 121°-122° sous 15 millimètres, que l'hydrolyse par HCl convertit en acide cis-cyclobutane-1 : 3-dicarboxylique. La condensation avec l'isopropylsodiomalonate d'éthyle donne un éther correspondant, dont l'hydrolyse fournit l'acide β-méthoxyméthylisopropylmalonique, F. 83°-84°. — **MM. R. W. Everatt** et **H. O. Jones** ont résolu le *p*-tolylbenzylméthylallylammonium en ses composants actifs par cristallisation fractionnée du tartrate. Le pouvoir rotatoire moléculaire de l'ion à 15° est de —246°; il est plus grand que celui du composé phénylique correspondant, ce qui est en désaccord avec la loi de Guye. — **Mlle M. Cuningham** et **M. F. M. Perkin**, en ajoutant une solution de sel d'une amine primaire à une solution de cobaltinitrite de sodium à froid, ont obtenu des composées du type $(R.AzH^2)^3Co(AzO^2)^6$, assez instables s'ils ne sont pas bien desséchés. — **MM. A. E. Dunstan** et **F. B. Thole** ont déterminé les viscosités à 25° des formes actives et inactives des acides tartrique et malique, du pinène, du camphène et du limonène; en général, la forme inactive possède une viscosité moindre, ce qui peut servir à la reconnaître. — **MM. H. M. Dawson** et **C. G. Jackson** ont déterminé la dissociation électrolytique des polyiodures en solution nitrobenzénique par des mesures de point de congélation et de conductibilité électrique. Les polyiodures sont ionisés au même degré que les triiodures, et ceux-ci beaucoup plus que les iodures. Le volume de solution moléculaire de l'iode combiné diffère de celui de l'iode libre. — **M. E. P. Perman** a étudié l'action directe des rayons des sels de radium sur un sel de cuivre et un sel d'or purs ; au bout de quatre mois, il ne s'était pas formé de lithium, du moins en quantité perceptible. — **M. E. B. R. Prideaux** a constaté que le point d'ébullition exact de PBr^5 est de 106° et que son volume moléculaire à cette température est de 157,3. Les volumes atomiques du P trivalent sont plus grands que ceux du P pentavalent. — **Mlle E. M. Rich** décrit une méthode rapide pour préparer $CrCl^3$ pur; ce sel forme deux hydrates isomères $CrCl^3.4H^2O$, l'un vert, l'autre bleu. — **MM. R. W. Gray** et **F. P. Burt** ont déterminé de nouveau les poids atomiques relatifs de l'hydrogène et du chlore : 1° en déterminant la densité de HCl purifié; 2° en l'analysant volumétriquement par passage sur Al chauffé. La moyenne des résultats donne Cl = 35,453 pour O = 16, chiffre qui concorde parfaitement avec celui de Noyes et Weber. — **Mlle M. Gazdar** et **M. S. Smiles**, en faisant réagir H^2O^2 sur les sulfures organiques en solution aqueuse ou acétonique, ont obtenu avec un rendement presque quantitatif les sulfoxydes correspondants. — **M. T. S. Patterson** a étudié l'in-

Digitized by Google

fluence des dérivés nitrés aromatiques comme solvants sur la rotation du tartrate d'éthyle. — MM. **R. H. Pickard** et **W. O. Littlebury** montrent que l'α-thymomenthol de Brunel contient trois, et peut-être tous les quatre menthols racémiques que les huit menthols actifs forment par paires; le premier de ces menthols racémiques fond à 25° et donne un succinate acide, F.86°; le second fond à 48°-50° et donne un phtalate acide, F.175°-177°.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Juillet 1908.

MM. **K. Kilchling** et **J. Königsberger** viennent d'étudier, d'une part, la *relation* qui existe *entre l'absorption sélective et la température* et, d'autre part, *les phénomènes présentés par les premiers électrons d'une molécule* au sein d'une substance. Ils constatent que la courbe d'absorption se déplace, à mesure que s'élève la température, du côté des longueurs d'ondes croissantes. Ce déplacement est d'autant plus marqué que le maximum est plus rapproché de la région du violet. Comme l'absorption maxima décroît souvent pour les températures croissantes, l'intégrale superficielle de la courbe d'absorption semble rester constante. D'autre part, la force directrice agissant sur l'électron diminue à mesure que s'élève la température : c'est-à-dire que la distance entre le noyau et l'électron augmente jusqu'à une valeur maxima différant d'une substance à l'autre, après quoi l'énergie du mouvement lumineux suffit à déplacer librement une partie des électrons entre les atomes de la substance. Pour des températures supérieures, l'électron se sépare du noyau. Ces phénomènes expliqueraient, pour beaucoup de substances, l'absorption dans la région visible et dans l'ultra-violet. L'absorption des corps verts et bleus varie, en effet, d'une façon bien moins marquée que celle des corps jaunes, rouges, bruns, et la modification d'une substance stable pour les températures supérieures présente un intervalle d'absorption déplacé plus loin du côté des longueurs d'ondes croissantes et une conductivité électrique bien plus considérable que la modification stable aux températures inférieures. Plus la conductivité électronique d'un corps est considérable, plus son paramagnétisme est prononcé, et plus l'intervalle de résonance ou d'absorption de l'électron négatif se déplace de l'ultra-violet vers les grandes longueurs d'onde. — M. **M. von Wogau** indique une *méthode de calcul des constantes de diffusion des substances non électrolytiques en solution liquide*, méthode basée sur l'hypothèse d'une forme sphérique des molécules de la substance dissoute. Les molécules du dissolvant étant petites en comparaison de celles de la substance dissoute, le processus de diffusion peut être considéré comme le mouvement d'un système de sphères au sein d'un liquide frottant. — M. **H. Diesselhorst** indique une méthode de production des courants à haute fréquence et à déplacement de phase, méthode basée sur un accouplage léger de deux circuits vibratoires syntonisés, dont chacun comporte un générateur de vibrations (lampe de Poulsen, etc.) lui fournissant son énergie propre. L'accouplage ne sert qu'à maintenir les courants à une période constante et à une différence de phases de 90°. — M. **R. Ladenburg** adresse une Note sur l'*absorption de la lumière au sein de l'hydrogène incandescent*. Il fait voir que l'absorption sélective, dans un tube de Geissler rempli d'hydrogène, peut s'apprécier, qualitativement et quantitativement, à l'aide des lignes d'absorption, en employant comme source de lumière un second tube de Geissler disposé en série par rapport au premier. L'absorption sélective de l'hydrogène obéit à la loi ordinaire de l'absorption de la lumière et, dans certaines limites, à la loi de Beer. — M. **K. Markau** adresse une Note relative aux expériences faites en collaboration avec le regretté **E. Ladenburg** sur les *vitesses initiales des électrons photo-électriques*. Ces expériences font voir que l'effet photo-électrique est un phénomène de résonance pure et simple; les électrons, sous l'action d'une lumière de période donnée, prennent part aux vibrations d'une période concordant avec celle de la lumière excitante; ces électrons sortiraient alors de la plaque métallique exposée au rayonnement, à une vitesse d'autant plus grande que leur nombre de vibrations est plus considérable.

Mémoires adressés pendant les vacances.

M. **E. Marx** adresse une Note en réponse au Mémoire de MM. Franck et Pohl au sujet de la *vitesse des rayons Rœntgen*. Il y fait remarquer que les objections faites par ces expérimentateurs contre la validité de ses arguments expérimentaux s'écartent des hypothèses indiquées par lui-même; se rapportant aux décharges lumineuses de Tesla, elles ne peuvent être regardées comme concluantes. De l'état actuel de la discussion, il croit pouvoir tirer la conclusion que, dans certaines conditions, la distribution des potentiels aux environs d'un pôle de Tesla, mesurée par le procédé électrométrique, présente des relations qualitativement analogues à celles que l'auteur a constatées lui-même, lors de certaines de ses expériences sur les ondes hertziennes. Comme, dans l'un et l'autre de ces cas, on est en présence d'équilibres dynamiques dépendant de la distribution d'ions positifs et négatifs, cette analogie n'est guère surprenante. — MM. **A. Wehnelt** et **F. Jentzsch** adressent un Mémoire relatif aux *variations de température accompagnant l'émission électronique des corps incandescents*. Conformément aux données de la théorie, un corps incandescent, introduit subitement dans un champ électrique, écartant de lui les électrons qui s'accumuleraient autrement dans son voisinage immédiat, doit se refroidir suivant une certaine loi. D'une façon analogue, le courant nécessaire pour maintenir constante la température d'un fil conducteur doit s'accroître d'une certaine quantité aussitôt qu'on l'introduit dans le champ électrique. Or, les auteurs, par suite de certaines conditions accidentelles, ont constaté d'abord des effets diamétralement opposés, et ce n'est que plus tard qu'ils ont confirmé le refroidissement demandé par la théorie. Leurs expériences font voir que l'insuccès initial était dû à ce que les électrons accélérés par le champ électrique ionisent par leur choc les résidus gazeux, et que, par conséquent, des ions positifs, ayant traversé une grande partie du champ de façon à acquérir une certaine énergie cinétique, viennent frapper le fil, dont ils augmentent la température. Même pour les pressions les plus faibles jusqu'ici réalisables, les électrons en mouvement sont encore capables d'ioniser les résidus gazeux. — M. **G. Quincke** adresse une Note en réponse à deux communications de M. O. Lehmann au sujet des cristaux liquides, d'une part, et des formes myéliniques et des cellules artificielles à parois cristallino-liquides, de l'autre, note où il réfute certaines objections formulées par ce dernier savant, sur la base de sa théorie des cristaux liquides, contre les recherches de l'auteur. ALFRED GRADENWITZ.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 15 Octobre 1908.

1° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **J. Nabl** calcule la diminution de l'action d'un gaz radio-actif (émanation) sur un gaz indifférent (air) placés dans une enceinte fermée, produite par l'introduction d'un barreau cylindrique (électrode), non transparent pour cette action. Cette diminution varie de 1 à 10 % dans les cas envisagés par l'auteur. — M. **H. Tertsch** présente ses recherches sur les cristaux et les macles de la cassitérite. — M. **A. Kailan** a mesuré la vitesse de formation de l'acide éthylsulfurique à 25° dans l'alcool pauvre et riche en eau. Dans le premier (moins de 0,1 molécule d'eau par litre), les constantes, calculées d'après l'équation des réactions monomoléculaires, sont à peu près indé-

Digitized by Google

pendantes de la concentration de l'acide sulfurique; dans le second, elles augmentent avec cette concentration. L'addition de HCl accélère la vitesse de la réaction. Dans l'éthérification de l'acide hydrocinnamique par H^2SO^4 alcoolique à 25°, les constantes de réaction monomoléculaire sont proportionnelles à la concentration en H^2SO^4 dans l'alcool riche en eau. — M. G. **Knöpfer**, par traitement avec le sulfate d'hydrazine et la soude, a transformé un certain nombre d'aldéhydes et de cétones en azines; celles-ci, traitées ensuite en solution alcoolique ou acétique par la phénylhydrazine, ont donné des hydrazones. — M. J. **Zellner** a extrait du *Polyporus igniarius* : une graisse riche en acides gras, des corps ergostériques, de la résine, du phlobaphène, de la mannite, du glucose, des hydrates de carbone amorphes, un peu d'albumine et des substances volatiles, puis un ferment lipasique et un ferment diastasique très actif.

2° Sciences naturelles. — M. J. **Tandler** a étudié le développement du vanneau (*Vanellus cristatus*) sur plus de 400 embryons. Il ne diffère pas fondamentalement de celui du poulet; mais il présente cependant quelques divergences intéressantes dans la formation du feuillet germinatif, dans les processus de la bande primitive qui conduisent à la formation du canal chordal et dans la participation de l'ectoderme à la structure des nerfs cérébraux et de leurs ganglions. — M. J. **Regen** démontre que l'organe sensitif tympanal du *Thamnotrizon apterus* est un organe auditif. — M. O. **Pesta** a commencé la détermination des Copépodes trouvés par l'Expédition autrichienne dans la Méditerranée orientale. Parmi eux, il a trouvé deux espèces nouvelles : *Acartia mediterranea* et *Euchaeta trunculosa*. — M. K. **Boresch** a étudié la sécrétion gommeuse des Broméliacées. Elle a lieu dans des espaces situés surtout dans le parenchyme de la tige; la gomme formée est colorable par le rouge de ruthénium de Mangin. Cette production doit être considérée comme un phénomène pathologique.

Séance du 22 Octobre 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. E. **Landau** communique un théorème sur la valeur limite d'une fonction définie par certaines conditions. Il donne, d'autre part, des démonstrations élémentaires de théorèmes sur les nombres premiers dans une progression arithmétique et les idéaux premiers dans une classe, qu'il avait démontrés autrefois par voie transcendentale.

2° Sciences physiques. — MM. **Zd. H. Skraup** et **F. Hummelberger** ont repris l'étude de l'hydrolyse de l'albumine d'œuf par une lessive de soude. L'acide lysalbinique de Paal est un mélange d'une albumose et d'une peptone; l'acide protalbinique est la partie de la molécule d'albumine qui fournit l'acide oxyprotéique de Maly; il ne contient aucun reste d'hydrate de carbone.

3° Sciences naturelles. — MM. **E. Brezina** et **E. Ranzi** ont préparé à l'état pur toutes les substances qui peuvent participer à la composition des fèces chez le chien : bile, suc pancréatique, sécrétions de l'estomac, de l'intestin grêle et du gros intestin, revêtements cellulaires de ces organes. Toutes ces sécrétions et les extraits aqueux des cellules, ainsi que le sérum et l'extrait de fèces du chien, ont été injectés intrapéritonéalement à des cobayes, et chaque sérum immunisant obtenu a été essayé, au point de vue de son action précipitante, sur la substance ayant servi aux injections et sur chacune des autres substances. Dans le premier cas, on a obtenu un fort précipité; dans les autres cas, des précipités plus ou moins faibles. Les sécrétions et les extraits de cellules de l'intestin se rapprochent les uns des autres et se placent entre le sérum sanguin, d'une part, l'extrait de fèces, de l'autre, mais plus près du second. — M. R. **von Ritter-Záhony** a étudié l'anatomie de la tête des Chaetognathes. L'épithélium y est presque partout à une seule couche. Sur le côté interne du capuchon et dans les fosses vestibulaires, il se compose de cellules glandulaires. Les dents, les crochets préhenseurs et les anneaux de la tête sont des dérivés de l'épithélium, donc des formations purement ectodermiques, contrairement aux idées de Krumbach. Par les commissures qui s'étendent entre le cerveau et les ganglions vestibulaires passe un anneau œsophagien, d'où tous les nerfs de la tête rayonnent. L'auteur a également étudié le trajet et la fonction des muscles. — Le même auteur a déterminé les Chaetognathes rapportés par l'Expédition autrichienne de la Mer Rouge; cette faune est la même que celle de l'Océan Indien. — M. O. **Richter** communique ses recherches sur la biologie du *Nitzschia putrida* Benecke. Le Na du sel marin est un élément nutritif non remplaçable pour cette Diatomée; de même SiO^2. Cet organisme est un saprophyte typique, assimilant l'Az organique, et même l'Az inorganique en présence de corps carbonés. Il sécrète un ferment dissolvant l'albumine et l'agar. L'optimum de température est de 24° à 25°, mais il peut supporter sans périr des températures de $-11°$ à $+38°$ C. Au cours de la culture, le *Nitzschia putrida* peut perdre sa membrane, qui est dissoute progressivement par l'action du plasma; le contenu cellulaire est mis en liberté, avec formation de plasmodes; il renferme SiO^2 à l'état dissous. Louis Brunet.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

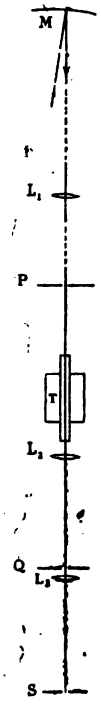
Séance du 26 Septembre 1908.

1° Sciences mathématiques. — M. D. J. Korteweg présente au nom de M. J. A. **Barrau** : *Sur des systèmes ternaires, en particulier ceux de treize éléments.* En 1894, M. J. de Vries fit connaître un système ternaire de treize éléments, différent du système cyclique de M. E. Netto; il ajoutait qu'il n'était pas certain que ces deux types fussent les seuls possibles (*Rev. génér. des Sc.*, t. V, p. 632). Dans sa thèse : « Ueber Tripelsysteme von 13 Elementen » (Giessen, 1897), M. K. Zulauf démontrait que les deux systèmes déduits par Kirkman (1853) et Reisz (1859) sont identiques à celui de de Vries, de sorte que le nombre des systèmes connus est de deux, tandis que celui des systèmes possibles reste indéterminé. Ici, M. Barrau démontre qu'il n'y a pas d'autres systèmes. — Rapport de MM. P. H. Schoute et J. Cardinaal sur le Mémoire de M. M. **Brückner**, de Bautzen (Saxe) : Ueber die Ableitung der allgemeinen Polytope in R_4 und die nach Isomorphismus verschiedenen Typen der allgemeinen Achtzelle (Oktatope) » [Sur la déduction des polytopes généraux de l'espace quadridimensional et les types différents, dans le sens de l'isomorphisme, des octotopes généraux]. Si l'on ôte un des corps limitants d'un polytope limité par huit corps et que l'on prolonge les espaces linéaires des corps limitants adjacents de manière à inclure de nouveau une partie de l'espace quadridimensional, on obtient un polytope limité par sept corps. Inversement, on peut engendrer chaque polytope à huit corps limitants en tronquant un polytope à sept corps limitants par un huitième espace linéaire. Dans ce travail, qui va paraître dans les Mémoires de l'Académie, M. Brückner applique tous les modes de troncature possibles aux cinq formes différentes de polytopes à sept corps limitants trouvées par lui en 1894. Si l'on appelle un polytope à huit corps limitants un octotope de la première, seconde, troisième ou quatrième classes, à mesure que le corps limitant au nombre minimum de faces est un tétraèdre, un pentaèdre, un hexaèdre ou un heptaèdre, les résultats de M. Brückner font connaître 12, 14, 9, 4 octotopes de la première, seconde, troisième et quatrième classes. — M. J. de Vries présente pour les Mémoires de l'Académie, au nom de M. M. J. **van Uven** : « Algebraische Strahlencongruenzen und verwandte complexe Ebenen als Schnitte » (Congruences algébriques et plans complexes correspondants l'un à l'autre comme sections de ces congruences). Sont nommés rapporteurs MM. J. de Vries et W. Kapteyn.

2° Sciences physiques. — M. D. J. Korteweg (vice-président) adresse ses félicitations à M. H. Kamerling

Digitized by Google

Onnes, au sujet de la liquéfaction de l'hélium. — **M. W. H. Julius** : *Recherches spectrohéliographiques de phénomènes causés par la réfraction anomale.* A l'occasion de sa visite à Mount Wilson en août 1907, l'auteur a pu faire des expériences se rapportant à la réfraction anomale à l'aide du spectrohéliographe à distance focale de 15 décimètres de MM. Hale et Ellerman. Si la lumière d'une source à spectre continu traverse un espace où se trouve une certaine quantité de vapeur de sodium distribuée irrégulièrement, on peut s'attendre à ce que le spectrohéliographe fasse connaître les particularités de cette distribution, et cela plutôt à cause du pouvoir réfringent de la vapeur que de son pouvoir absorbant et émissif. M. Hale disposant d'un appareil pour l'étude de la réfraction anomale dans la vapeur de sodium, identique à celui décrit par l'auteur dans une communication antérieure (*Rev. gén. des Sc.*, t. XVIII, p. 47), l'expérience pouvait être facilement faite. L'appareil consiste en un tube large de nickel, d'une longueur de 60 centimètres, dont la partie moyenne se trouve à l'intérieur d'un four électrique, tandis que les parties s'étendant au dehors sont refroidies par des enveloppes où circule de l'eau courante. Le tube contient quelques grammes de sodium et est toujours relié à une pompe Geryk pour l'évacuation de l'air et des gaz qui se développent au commencement de l'échauffement du sodium. A l'intérieur du tube se trouve un appareil qui permet d'engendrer des gradients de densité de toute direction et de toute valeur dans la vapeur de sodium. La lumière du Soleil, venant du grand miroir M (fig. 1) du télescope (d'une distance focale de 18 mètres), parcourt le tube de nickel T en se rendant à la fente S du spectrohéliographe. La distance ST mesure environ 560 centimètres. Une lentille L_1 forme une image du Soleil près du milieu du tube T. Une lentille L_2 forme une image du diaphragme P dans le plan du diaphragme Q. A l aide d'une lentille L_3, placée tout près de Q, et de la lentille L_2, une image de la section du tube se forme dans le plan de la fente S. Dans cette image (fig. 2), les deux fenêtres rectangulaires des plaques de fermeture du tube se montrent tant soit peu confuses, une image très distincte se formant seulement dans une section située quelque part entre les deux plaques. En A et B se projettent les deux tubes étroits en nickel dont on peut faire varier la température (à l'aide d'un courant électrique ou d'un courant d'air). Si l'on refroidit un de ces petits tubes à l'aide d'un courant d'air, le sodium s'y condense; après quelque temps, des gouttelettes de métal se formeront et se détacheront du tube. Pendant qu'on se sert de l'héliographe, la fente S se meut à travers l'image dans le sens de la flèche de la figure 2, et en même temps la fente de la chambre se meut le long de la plaque photographique. Supposons que les ouvertures des diaphragmes en P et Q soient ajustées de manière à faire coïncider l'image de la fente en P avec la fente en Q. Alors toute la lumière de P qui a traversé la vapeur en ligne droite passera par Q et contribuera à l'intensité de l'image de la section dans le plan S. Des ondes déviées à droite, de manière à être interceptées par le diaphragme Q, feront défaut dans le spectre de la lumière transmise. Si l'on chauffe le four lentement jusqu'à 380° ou 390°, la densité de la vapeur est maximum et très homogène dans le milieu du tube large et diminue graduellement vers les extrémités; dans ce cas, le gradient de la densité coïncide en direction avec le faisceau de lumière : il en résulte que les ondes qui subissent la dispersion anomale ne dévieront pas sensiblement du chemin droit, et les raies D du spectre solaire se montrent comme d'ordinaire. Mais, aussitôt qu'on fait passer un courant d'air à travers le petit tube B, on engendre des gradients de densité en des directions normales à l'axe du tube. Alors les raies D ne montreront plus la même forme dans toutes les parties de l'image du champ. Dans le spectre de ces parties où des gradients de densité se présentent, les raies D se sont élargies et enveloppées de bandes de dispersion. Comme la largeur de ces bandes dépend du montant du gradient, elle montrera sa valeur maximum à la partie du spectre correspondant au plan passant par l axe des tubes A, B. Cette largeur diminue si la distance entre A et B (fig. 2) augmente. Huit images monochromatiques de la section du tube ont été obtenues dans des circonstances différentes. Résumé des résultats généraux et de leur signification astrophysique. — **M. J. D. van der Waals** : *Contribution à la théorie des mélanges binaires.* VIII. Les points d'intersection des courbes :



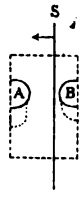


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Appareil de M. H. W. Julius.*
Fig. 2. — *Image observée dans l'appareil de M. Julius.*

$$\frac{d^2p}{dvdx} = 0, \quad \frac{dp}{dv} = 0.$$

IX. Les points d'intersection des courbes :

$$\left(\frac{dp}{dx}\right)_v = 0 \text{ et } \left(\frac{d^2\Psi}{dx^2}\right)_v = 0.$$

— **M. A. F. Holleman** présente : 1° *La nitration du toluène*; 2° *La nitration du p-chloro-toluène*; 3° *Les recherches quantitatives des produits de nitration des acides m-chloro- et m-bromo-benzoïques.* — **M. P. Zeeman** présente au nom de **Mme H. R. van Bilderbeek-van Meurs** : *Le phénomène de Zeeman des raies les plus fortes du spectre violet du fer depuis* λ 2.380 *jusqu'à* λ 4.416 (en unités d'Angström).

3° Sciences naturelles. — **M. C. Winkler** : *Le système nerveux central d'un chat blanc né sourd-muet : contribution à la connaissance des systèmes de fibres auditives.* — **M. F. A. F. C. Went** fait une communication se rapportant à des recherches de **M. A. H. Blaauw** : *Sur la relation entre intensité de lumière et temps d'exposition à la lumière chez les courbures phototropiques de germes d'Avena sativa.* — **M. Went** présente encore au nom de **M. J. M. Geerts** : *Contribution à la connaissance de l'évolution cytologique de l'Œnothera Lamarckiana.* — **M. S. Hoogewerff** présente au nom de **M. P. Tesch** : *Sur la manière dont se comportent les coquilles calcaires fossiles dans l'eau contenant de l'acide carbonique.* — **M. S. Koorders** présente : « Beitrag zur Kenntnis der Flora von Java ». II. Les *Piperaceæ* de Java. — **M. H. Zwaardemaker** présente les thèses : 1° de **M. A. K. M. Noyons** : « Over den Autotonus der spieren »; 2° de **M. W. Mulder** : « Quantitatieve betrekking tusschen prikkel en effect by het statisch orgaan » (Rapport quantitatif entre excitation et effet chez l'organe statique). — Rapport de **MM. C. Winkler et J. W. van Wyhe** sur le Mémoire de **M. J. H. F. Kohlbrugge** : « Le sillon cérébral des peuples malais comparé avec celui des Australiens et des Européens. Une étude de théorie évolutive » (en allemand). — Rapport de **MM. J. W. Moll et Went** sur le Mémoire de **M. J. C. Schoute** : « Die Bestockung des Getreides » (Le tallage des céréales). — Rapport de **MM. C. A. Pekelharing et S. Hoogewerff** sur le Mémoire de **M. W. van Dam** : « De lebstremming » (La coagulation à l'aide de la présure). Ces trois études paraîtront dans les Mémoires de l'Académie. P. H. Schoute.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier.

Paris. — L. Maretheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

19e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1908

Revue générale des Sciences pures et appliquées

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER, Docteur ès sciences.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. L. OLIVIER, 18, rue Chauveau-Lagarde, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et dans tous les pays étrangers, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Le Jubilé de M. Levasseur. — Une vie consacrée tout entière à la Science, une vie toute de droiture et de labeur, du labeur le plus probe, le plus désintéressé, le plus fécond. c'est cela que fêtaient, ces jours-ci, l'Institut et le Collège de France, le Conservatoire des Arts et Métiers et l'Ecole des Sciences politiques, et tous ceux qu'une commune pensée de gratitude et d'hommage réunissait autour des quatre-vingts ans de M. Levasseur. Nous n'avons pas à retracer la biographie et à rappeler les travaux de l'administrateur du Collège de France : son œuvre est présente à l'esprit de qui se tient au courant de la pensée contemporaine.

Economiste, historien, statisticien, géographe, tous ces titres, que rappelle la belle médaille signée d'un grand artiste, l'auteur de l'*Histoire des Classes ouvrières en France* les possède au degré le plus éminent, et l'Académie des Sciences morales et politiques, en l'appelant à elle, il y a quarante ans, ne faisait déjà que ratifier les suffrages de tous les savants.

Il en est pour qui cette haute distinction eût pu paraître constituer un droit au repos. M. Levasseur, au contraire, la considéra comme une nouvelle dette à acquitter, et, successivement, apparurent ses œuvres les mieux ordonnées, les plus fortement conçues, modèles difficilement imitables de documentation, de clarté, de conscience.

Mais sa pensée ne resta pas enfermée dans les limites du livre; elle s'étendit et rayonna dans les Communications adressées aux Sociétés savantes et aux principaux Congrès, dans les lettres et les Préfaces qu'on le sollicite d'écrire, dans l'enseignement, encore, que vivifie une parole ardente mise au service de la doctrine la plus sûre. Quand, au lendemain de nos défaites, en 1872, quelques hommes de grand esprit et de grand cœur se réunirent dans une modeste salle pour jeter les bases de l'Ecole des Sciences politiques, M. Levasseur fut aux côtés de Boutmy et de Taine : ce n'est jamais en vain que l'on fait appel à son dévouement.

Il nous plaît de rappeler ici que la *Revue générale des Sciences* doit à l'illustre savant un hommage spécial de gratitude. Dès le premier jour, il accepta de donner aux *Croisières et Voyages d'études*, créés pour faire connaître aux Français les pays étrangers, un patronage où la *Revue* trouva le plus précieux des encouragements.

A tous ces titres, elle est heureuse de s'associer au Jubilé de l'Administrateur du Collège de France, et de lui apporter, à son tour, avec ses vœux les plus ardents, ses respectueuses félicitations. **Louis Olivier.**

Les Prix Nobel pour 1908. — Sur la foi d'une information venue de Stockholm et reproduite par toute la presse quotidienne, nous avions annoncé (n° du 30 novembre) que l'un des Prix Nobel pour 1908 avait été décerné à M. Max Planck. C'est en réalité à notre illustre compatriote le Professeur Gabriel Lippmann que le Prix Nobel pour la Physique vient d'être remis en séance solennelle le 11 décembre, en hommage à ses beaux travaux, dont le plus connu est la reproduction des couleurs en photographie.

§ 2. — Nécrologie

Alfred Ditte. — M. Alfred Ditte, membre de l'Académie des Sciences, professeur de Chimie minérale à la Faculté des Sciences de Paris, vient de mourir le 7 novembre 1908, après une longue maladie.

Né à Rennes en 1843, il fut reçu en 1864 à l'Ecole Normale Supérieure, où il prépara sa thèse de doctorat ès-sciences, sur l'acide iodique et ses propriétés. Travaillant ensuite dans le laboratoire de Henri Sainte-Claire-Deville, il publia un important Mémoire sur les conditions de dissociation des composés du sélénium et du tellure, travail qui fit alors époque et dirigea les recherches de la Chimie minérale dans le domaine alors inexploré de la Chimie physique actuelle.

Lorsque, en 1873, Ditte fut nommé professeur à la Faculté des Sciences de Caen, le peu de ressources dont disposait le laboratoire de Chimie orienta les recherches du jeune professeur vers l'étude peu dispendieuse, mais intéressante, des équilibres dans les dissolutions; c'est alors qu'il publia ses recherches classiques sur la décomposition des sels d'antimoine, de bismuth et de mercure par l'eau, assimilant la notion des équilibres résultants aux tensions fixes de dissociation du carbonate de chaux.

Digitized by Google

Professeur à la Sorbonne en 1888, Ditte continue ses recherches ainsi orientées. Ses études, sur les réactions inverses comme celle de l'acide chlorhydrique sur le sulfate de plomb et sur la formation de nombreux produits cristallisés obtenus dans les équilibres à haute température, le conduisirent à de nombreux et intéressants résultats, connus de tous les chimistes s'occupant de Chimie minérale.

Ses leçons, sur les métaux, professées à la Sorbonne furent publiées en deux gros volumes; nous y trouvons la méthode personnelle du maître qui, détestant les théories et les hypothèses, voulut, avec une rigueur peut-être exagérée, déduire tous les faits expérimentaux des données de la Thermochimie, interprétation que la Thermodynamique moderne n'a pas toujours confirmée.

Ditte, en 1897, avait remplacé à l'Académie des Sciences Schutzenberger; c'était, comme lui, le type du savant modeste et indépendant, peut-être un peu timide, n'osant pas toujours faire prévaloir avec fermeté ses idées et ses vues, ne sachant pas suffisamment mettre en valeur les résultats de son travail; mais ceux qui l'ont approché et connu rendront justice au savant et à l'homme de bien. **A. Guntz,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

L'emploi de l'acier au nickel dans la construction des ponts. — M. Waddel vient de publier, dans le *Bulletin of the American Society of Civil Engineers*, un très remarquable Mémoire sur l'emploi de l'acier au nickel dans la construction des ponts, que M. G. Richard a résumé à l'une des dernières séances de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*.

Cet emploi n'est pas nouveau, mais le Mémoire de M. Waddell, qui clôt une enquête commencée en 1903 sur l'ensemble de la question, donne à ce sujet une foule de résultats d'expérience et de calcul, permettant de spécifier nettement le métal qui convient à tel ou tel ouvrage, et des spécifications raisonnées de ces ouvrages, d'où il résulte qu'au prix actuel des aciers, l'emploi de l'acier au nickel devient avantageux, même pour de petites portées de 10 mètres, et qu'il s'impose pour les grandes portées, en permettant, par exemple, d'établir une travée de 550 mètres au même prix qu'une de 480 avec l'acier ordinaire. Aussi n'a-t-on pas hésité à y recourir pour le grand pont suspendu en construction à Blackwell (New-York), en admettant, pour cet ouvrage, des charges de 27 kil. 4 par millimètre carrés au lieu de 17 kilogs, avec les aciers ordinaires.

Dans l'établissement de ses prix, M. Waddell a tenu compte, non seulement de la valeur marchande de l'acier au nickel, mais aussi de la plus grande difficulté de le travailler, et, pour réduire au minimum cette difficulté, il spécifie, pour les tôles, une teneur limite de 3,5 °/₀ de nickel, tandis qu'il l'élève à 4,25 °/₀ pour les barres, avec une résistance à la rupture allant jusqu'à 90 kilogs par millimètre carré. Mais cette limite de 3,5 °/₀ de nickel, avec une résistance ne dépassant guère 80 kilogs, pourrait être dépassée avec des procédés d'usinage mieux entendus, notamment avec la suppression du poinçonnage des tôles, remplacé par un forage au moyen de perceuses multiples, comme pour les tôles de chaudières. Ce perçage doit se faire avec des outils en acier auto-trempeur ou rapide, l'acier à outils ordinaire ne résistant pas au travail de rabotage et de perçage des tôles d'acier au nickel un peu dur. Au rabotage, la profondeur de la coupe doit être à peu près la moitié de celle de l'acier ordinaire, et le poids de copeaux abattus par les outils pneumatiques est aussi, dans le même temps, moitié moindre. En moyenne, et pour les types de ponts usités aux Etats-Unis, les frais d'usinage et d'assemblage s'élèveraient, par kilog d'acier, à 9 centimes avec l'acier ordinaire au lieu de 10 cent. 5 avec l'acier au nickel, ce qui n'empêcherait pas, grâce à la diminution du poids de l'acier au nickel, de permettre de réaliser, par son emploi, des économies allant parfois jusqu'à 30 °/₀ du prix de l'ouvrage.

Le travail de M. Waddell renferme encore des résultats d'essais très curieux sur les colonnes et autres pièces chargées en bout, pour lesquelles l'acier au nickel présente de très notables avantages, tant que leur longueur ne dépasse pas une cinquantaine de fois leur rayon de giration.

§ 4. — Physique

La quantité d'émanation de radium présente dans l'atmosphère. — Après les expériences d'Elster et Geitel (1900), suivant lesquelles un fil négativement électrisé, exposé pendant quelque temps à l'action de l'atmosphère, se recouvre d'un dépôt radio-actif ressemblant, par ses propriétés, d'assez près au dépôt actif du radium, bien des expérimentateurs ont étudié les dépôts actifs prenant naissance au sein de l'atmosphère.

Dans un récent travail[1], M. J. Satterly se sert, pour mesurer la quantité d'émanation de radium présente dans les couches de notre atmosphère voisines de la Terre, de deux méthodes basées respectivemeet sur l'absorption par le charbon de bois et la condensation par l'air liquide.

L'auteur compare ces quantités d'émanation avec celles que développerait une solution de radium d'une intensité donnée. Avec un accord presque parfait, les deux méthodes font voir que la quantité d'émanation présente dans 1 mètre cube d'air, tout en étant sujette à des variations considérables, est en moyenne égale à la quantité qui serait en équilibre radio-actif avec environ 100×10^{-12} grammes de radium. M. Satterly n'est pas en mesure d'établir une relation bien définie entre les variations des quantités d'émanation atmosphérique et les variations du temps et du baromètre qui ont lieu pendant les expériences; il se propose cependant de revenir sur cette partie du problème.

La quantité d'émanation de radium indiquée ci-dessus, de concert avec ses produits de désintégration, produirait environ trois ions par centimètre cube et par seconde. Or, comme le nombre d'ions réellement produits par centimètre cube et par seconde est environ dix fois plus grand, il en résulte qu'une petite portion seulement de l'ionisation naturelle de l'air est due à la présence de l'émanation de radium et de ses produits.

D'autre part, M. A.-F. Eve a étudié la quantité d'émanation de radium présente dans l'atmosphère à proximité de la surface de la Terre[2]. Il montre que la quantité de radium susceptible d'être en équilibre avec la quantité moyenne d'émanation de radium présente dans 1 centimètre cube d'air, suivant des mesures faites à Montréal, durant l'année 1907-1908, est de 60×10^{-12} gr. Les quantités d'émanation constatées dans l'atmosphère variaient entre un maximum et un minimum, dans la proportion de 7 à 1; ces quantités ne présentent pas de grandes différences suivant la saison, et de fortes variations de température semblent être sur elles sans influence bien marquée.

A l'approche d'un cyclone intense accompagné de fortes pluies et d'un dégel rapide, on constate un accroissement, et, dans le cas de conditions anticycloniques, par un temps sec ou bien froid, une décroissance de l'émanation du radium présente dans l'air.

§ 5. — Électricité industrielle

L'influence de la température sur la capacité des accumulateurs au plomb. — Les électriciens se sont occupés dernièrement, avec un intérêt renouvelé, de l'augmentation considérable produite,

[1] *Philosophical Magazine*, n° 94, 1908.
[2] *Ibid.*, n° 94, 1908.

Digitized by Google

dans la capacité d'un accumulateur au plomb, par un accroissement de sa température. Or, comme les résultats des expérimentateurs antérieurs, en raison de l'incertitude des facteurs en cause, ne suffisaient pas pour établir la relation qui existe entre la capacité et la température, M. O. Hildebrand[1] vient de reprendre cette étude pour différents types d'accumulateurs, dans des conditions correspondant à la pratique courante. Les résultats de ses recherches sont les suivants :

Etant donnée l'extrême diversité de construction des accumulateurs modernes et les différences de structure des matières actives et de l'électrolyte, il est impossible d'établir une loi quelconque d'une validité générale; même pour un type d'accumulateur donné, il faut une dépense de temps extrêmement considérable pour rechercher la loi spéciale qui le régit.

D'une façon générale, la relation entre la température et la capacité d'un accumulateur au plomb, variable suivant la disposition de ce dernier, dépend à un degré prononcé de l'âge et du passé de chaque accumulateur donné. Elle diffère également suivant la hauteur de sa température, les variations étant plus grandes pour les températures basses que pour les températures très élevées. La capacité des plaques à grande surface subit l'influence des variations de température à un degré moindre que celle des plaques pâtées. Les premières se montrent plus sensibles à l'égard d'une fatigue variable que les dernières.

Les accroissements permanents de la température diminuent et la capacité et la durée des accumulateurs, et, par conséquent, doivent être évités en général. Pour les températures voisines de 15°, l'on peut compter sur un accroissement de la capacité d'au moins 1 °/o par degré d'accroissement de la température. L'auteur recommande de réduire les données relatives à la capacité à une température normale de 15°.

L'allure des températures dans les fils traversés par les courants alternatifs. — Malgré les nombreuses recherches jusqu'ici faites sur l'échauffement des conducteurs au passage d'un courant électrique, nous ne possédons pas encore de relation valable dans tous les cas entre la température, l'intensité du courant, le diamètre des fils, leur disposition, etc.

Tandis que tous les travaux antérieurs se limitaient aux courants continus, M. E. Ebeling, dans une thèse présentée à l'Université de Goettingue, étudie la relation qui existe entre la température d'un fil traversé par un courant alternatif et l'alternance de ce dernier.

L'auteur se sert des principes indiqués par M. H. Th. Simon (réduction de la caractéristique dynamique du conducteur à la caractéristique statique), pour en déduire une théorie de l'allure des températures de ces fils; cette théorie est élaborée d'abord pour le cas où le refroidissement des fils suivrait la loi de Newton. Il détermine ensuite, par des mesures oscillographiques de ces caractéristiques dynamiques et par des mesures simultanées du coefficient de température de la résistance, l'allure des températures des fils employés.

Les expériences faites sur des fils de platine et de nickel, tendus au sein de l'air, infirment la loi du refroidissement indiquée par Newton (à savoir que la perte de chaleur W serait proportionnelle à la surface et à la température T du fil). Cette perte suit, au contraire, la loi de Dulong-Petit, étant proportionnelle à la puissance b de la température et à la longueur du fil, et inversement proportionnelle à son rayon.

Les expériences faites pour des pressions croissantes, sur des fils de platine disposés au sein de l'air, font voir que l'exposant b de T, dans la loi de Dulong-Petit, augmente à mesure que s'accroît la pression, en même temps que la perte de chaleur diminue. Les expériences faites pour des vides avancés ont fait voir une diminution très marquée de la perte de chaleur pour des pressions décroissantes. L'auteur conclut, de l'ensemble de ces faits, qu'il existe un maximum de la perte de chaleur, coïncidant à peu près avec la pression atmosphérique.

Les expériences faites sur des fils de platine disposés au sein de gaz autres que l'air font voir que l'exposant en question, à la pression atmosphérique, est identique pour tous les gaz (1,25).

Il résulte des faits précédents que les grandeurs considérées comme constantes dans la théorie originale de Simon, à savoir la perte spécifique de chaleur et la capacité thermique spécifique des abords du fil, loin de rester constantes, dépendent de la température et du rayon du fil. Après avoir déterminé la relation qui existe entre ces diverses grandeurs, pour les fils soumis à l'expérience, l'auteur en fait le calcul numérique. Ces expériences sont enfin étendues aux lampes à incandescence traversées par des courants alternatifs. Les fluctuations de température constatées dans les lampes à filament métallique sont bien plus considérables que dans les lampes à filament de charbon, ce qui explique en grande partie la durée limitée, par rapport aux lampes à charbon, des lampes à filament métallique alimentées en courant alternatif.

§ 6. — Chimie industrielle

Calorimètre enregistreur pour l'essai des gaz combustibles. — On connaît l'importance pratique du contrôle chimique des combustions industrielles, et la réalisation facile et parfaite de ce contrôle par l'emploi des appareils analyseurs-enregistreurs des gaz brûlés[1]. S'il est facile de déterminer ainsi la quantité de chaleur perdue dans la fumée, pour établir le bilan de la combustion et l'origine des différentes pertes, on doit connaître également le nombre de calories mises en œuvre dans le combustible. Aussi, dans la pratique du contrôle, détermine-t-on le pouvoir calorifique de la houille soit directement par l'appareil Mahler, soit indirectement en appliquant aux chiffres de l'analyse une des nombreuses formules empiriques, telles que celle de Goutal, par exemple.

La composition des charbons de même provenance et de même qualité variant très peu, on peut, d'après quelques analyses, calculer le nombre de calories de la masse utilisée. Mais il n'en est pas de même pour les combustibles gazeux, dont la composition dépend de la marche des gazogènes; or, on sait que les moteurs à gaz sont maintenant très répandus, non seulement dans la petite industrie, mais dans les plus importantes usines, l'emploi du gaz pauvre permettant d'élever de beaucoup le rendement utile de la houille. Il était extrêmement intéressant de pouvoir déterminer d'une façon continue le pouvoir calorifique des gaz arrivant au moteur, de même que l'on dose l'anhydride carbonique dans le gaz allant à la cheminée. C'est ce que permet de faire maintenant le *calorimètre enregistreur à marche continue* de Junkers, que M. Fabre vient de décrire dans la *Revue générale de Chimie*.

« La quantité de chaleur émise par un courant continu de gaz entièrement brûle est transmise sans perte à un courant d'eau également continu. » C'est sur ce principe, vérifié expérimentalement, qu'est basé l'appareil de Junkers (fig. 1). Le gaz à essayer arrive en a dans un compteur b, dont la marche est rendue solidaire du compteur à eau c par la courroie d; le courant de gaz brûlé et le courant d'eau dont l'échauffement indiquera le pouvoir calorifique sont ainsi dans un rapport constant.

En sortant du compteur, le gaz traverse un régulateur de pression f d'un type ordinaire, puis un exsiccateur g, et vient brûler en h dans un bec Bunsen disposé au bas d'une chaudière tubulaire à contre-courant i; les gaz de la combustion s'échappent en j. Cette chaudière est employée au chauffage de l'eau

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, n° 6, 1908.

[1] *Rev. gén. des Sc.* du 15 septembre 1908.

Digitized by Google

venant en courant continu du compteur *c*, après passage dans le régulateur *e*; l'eau froide arrive en *k* dans le faisceau tubulaire de la chaudière et en sort en *l*, d'où elle est évacuée.

A la partie supérieure de la chaudière se trouve un couple thermo-électrique *m*, dont les soudures sont exposées d'un côté au courant de l'eau arrivant, de l'autre au courant de sortie. En reliant le couple aux bornes d'un galvanomètre enregistreur *o*, il est facile d'obtenir une courbe continue indiquant l'échauffement de l'eau, partant le pouvoir calorifique du gaz.

On voit que le calorimètre de Junkers est très simple et convient parfaitement aux usages industriels; il ne donne pas pour cela, d'ailleurs, des résultats moins exacts. Aussi, malgré sa nouveauté, est-il déjà en usage à la fois dans des laboratoires scientifiques (celui de Bunte à Karlsruhe, par exemple) et de puissantes usines (la Compagnie du Gaz de Berlin en possède cinq exemplaires).

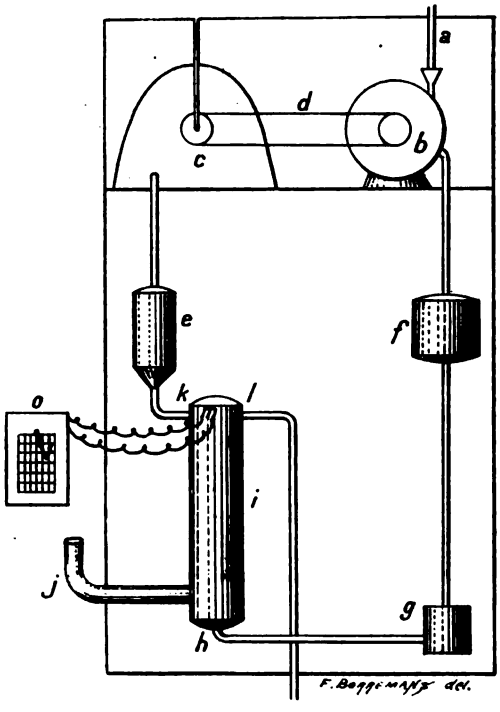


Fig. 1. — *Calorimètre-enregistreur de Junkers pour l'essai des gaz combustibles.* — *a*, arrivée du gaz à essayer; *b*, compteur à gaz; *c*, compteur à eau; *d*, courroie; *f*, régulateur de pression; *g*, exsiccateur; *h*, bec Bunsen; *i*, chaudière tubulaire; *e*, régulateur; *k*, arrivée de l'eau froide; *l*, sortie de l'eau chaude; *j*, sortie des gaz de la combustion; *m*, couple thermo-électrique; *o*, galvanomètre enregistreur.

Souhaitons que nos laboratoires emploient bientôt aussi le nouvel appareil. La *Revue* a souvent exposé les rapports étroits unissant la science à tous les procédés industriels; c'est une condition *sine qua non* de progrès, c'est-à-dire de vie, pour tous les fabricants que de savoir s'assurer la collaboration du technicien ou du chimiste. Mais il reste à persuader beaucoup de nos industriels; puissent les convaincre l'exemple de leurs collègues d'outre-Rhin et les résultats magnifiques obtenus là-bas après un demi-siècle de science industrielle. **Henri Rousset.**

§ 7. — Physiologie

Sur le nerf vague du Canard. — On sait, c'est là une notion classique, que l'excitation du bout périphérique du nerf vague des Vertébrés détermine, selon son intensité, soit un ralentissement, soit un arrêt du cœur en diastole. On sait aussi que cet effet de l'excitation est temporaire : alors même qu'on continue l'excitation, le cœur se remet à battre lentement tout d'abord, puis de plus en plus vite, sans toutefois reprendre son rythme primitif.

En général, les excitations du vague chez les Oiseaux sont moins efficaces que chez les Mammifères; c'est ainsi qu'il n'est pas toujours possible d'arrêter le cœur du poulet; on ne peut qu'en diminuer le nombre des battements.

D'après M. Battelli et Mlle Stern [1], il en serait tout autrement chez le Canard. Déjà une excitation mécanique très faible du bout périphérique d'un nerf vague produit un ralentissement considérable du cœur.

Mais, ce qui est le plus particulier, c'est la très grande résistance des filets cardiaques du vague du Canard à la fatigue. Chez la plupart des Mammifères, le cœur reprend ses battements au plus tard 30 secondes après le début de l'excitation; chez le Canard, l'arrêt du cœur se maintient 5 à 6 minutes, et la mort survient : les réflexes disparaissent, la respiration s'arrête. Si l'on cesse à ce moment l'excitation, le cœur recommence à battre énergiquement; la pression s'élève à un niveau remarquable; mais, peu à peu, la respiration spontanée étant suspendue, le cœur finit par s'arrêter du fait de l'asphyxie. Toutefois, si l'on a pris soin de pratiquer la respiration artificielle, on peut ramener l'animal à la vie.

On sait que les vapeurs irritantes, notamment les vapeurs d'anesthésiques, chloroforme ou éther, agissant sur la muqueuse des premières voies respiratoires, provoquent un réflexe cardio-inhibiteur, dont les voies centrifuges sont représentées par les rameaux cardiaques du nerf vague, ce réflexe se traduisant par un ralentissement et parfois même par un arrêt du cœur. Chez le canard, ces vapeurs produisent, dans les mêmes conditions, un ralentissement du cœur extrêmement considérable, mais, contrairement à ce qu'on aurait été tenté de croire, ne déterminent jamais l'arrêt du cœur.

Les caractères un peu particuliers du vague, en tant que nerf d'arrêt du cœur, chez le Canard font de cet animal un objet d'étude particulièrement intéressant pour la connaissance de l'action cardio-modératrice.

§ 8. — Enseignement

La crise de l'apprentissage. — Une enquête, ouverte en 1902 par les soins de la Section permanente du Conseil supérieur du Travail, révélait les résultats alarmants d'une crise de l'apprentissage. Dans quelques industries, la main-d'œuvre étrangère est maintenant plus appréciée que la nôtre. M. Alfassa citait récemment le cas d'une maison d'édition parisienne, ne trouvant plus en France des ouvriers capables d'exécuter certains travaux délicats, et obligée de faire appel à des ouvriers de Leipzig. Bien que, dans d'autres pays d'Europe, en Suisse, en particulier, on se plaigne également du manque d'apprentis, notre pays est un de ceux qui en souffrent le plus, étant donné que notre industrie nationale s'occupe surtout de la production de luxe, qui vit essentiellement, comme le remarque M. Alfred Picard, d'art, de goût, d'adresse, d'intelligence, d'un ensemble de qualités ataviques, naguère cultivées avec un soin jaloux et transmises de génération en génération comme un dépôt sacré.

Cette crise a encore de graves répercussions sociales. Les criminalistes y ont vu l'une des causes les plus réelles de l'augmentation des crimes et délits. Plus l'atelier est déserté, plus la prison s'emplit. M. Cruppi signale le fait qu'en France, sur 600.000 jeunes gens et jeunes filles qui devraient bénéficier de l'enseignement professionnel, 20.000 seulement en profitent. Les autres restent livrés à l'oisiveté, exposés à toutes les tenta-

[1] *C. R. Soc. Biologie*, 28 novembre 1908.

Digitized by Google

tions, ou bien, suivant l'expression du ministre du Commerce, asservis à quelque tâche grossière, ils continueront à y apprendre le dégoût de tout ce qui fait la noblesse et la perfection d'un métier.

Des causes multiples ont concouru à engendrer le mal. Le développement de la grande industrie absorbe les patrons et les empêche de s'occuper des apprentis. D'un autre côté, les familles ouvrières ont une tendance à chercher prématurément dans le travail rémunéré des enfants un appoint à leur modeste budget. L'enfant lui-même, qui veut « faire l'homme », aspire à gagner un salaire; ce sera un manœuvre sans métier. D'ailleurs, avec le développement du machinisme, l'ouvrier n'a plus besoin de cette habileté, de cette ingéniosité professionnelle qui lui était jadis nécessaire pour créer par son propre effort l'objet que la machine produit automatiquement. L'extrême spécialisation de la main-d'œuvre apporte un changement encore plus profond dans les conditions de la production ouvrière. Un ancien ministre, M. Dubief, rapportait récemment qu'à Fougères, sur 12.000 ouvriers en chaussures, il n'en est pas un qui soit capable de faire une paire de souliers. Tous ont une spécialité; tous travaillent à une partie de l'œuvre commune; aucun n'a un métier entre les mains. Ces faits sont loin d'être exceptionnels. Notons aussi l'influence malheureuse sur l'apprentissage de la loi du 30 mars 1900, qui ne permet pas aux ouvriers adultes de travailler plus de dix heures par jour dans les ateliers où sont employés les femmes et les enfants. Enfin, M. Keufer, secrétaire de la Fédération du Livre, cite également parmi les causes de la crise le travail aux pièces, qui force l'ouvrier à ne considérer que la quantité de sa production et à en négliger la qualité.

Les causes principales du mal étant ainsi dégagées, comment y remédier? Du côté de l'initiative privée, signalons la constitution de plusieurs sociétés pour la protection et la surveillance de l'apprentissage, la création de cours professionnels créés par des industriels, des chambres syndicales, des chambres de commerce.

Mais les chiffres de fréquentation, que nous avons cités au début de cette Note, montrent qu'il reste beaucoup à faire. L'Etat, de son côté, a créé les Ecoles primaires supérieures, dépendant du Ministère de l'Instruction publique, et les Ecoles pratiques de Commerce et d'Industrie, placées sous la dépendance du Ministère du Commerce. D'après M. M. Leroy, président de l'Association française pour le développement de l'enseignement technique, les écoles pratiques répondent seules au but professionnel pour lequel elles ont été ouvertes. Leur nombre est malheureusement très insuffisant, et notre infériorité éclate encore mieux si l'on regarde à l'Etranger. M. Millerand cite le cas d'une ville allemande de 300.000 habitants, Breslau, où l'on trouve, comme établissements d'enseignement professionnel: un enseignement complémentaire professionnel, donné sous forme de cours du jour, du soir ou du dimanche, obligatoire pour tous les jeunes gens de toutes professions, ayant de quatorze à dix-sept ans; une école d'ouvriers analogue à nos écoles pratiques de commerce et d'industrie pour les jeunes filles et pour les femmes; une école royale de constructions; une école royale supérieure de construction de machines; une école professionnelle de dessin; une école royale des arts professionnels, et des écoles supérieures techniques. La Suisse, d'ailleurs, possède mieux encore. Nous connaissons une ville de *13.000* habitants, le Locle, à la frontière française, qui a créé un Technicum renfermant cinq écoles distinctes : horlogerie, mécanique, montage des boîtes de montre, gravure et électrotechnique, une école de commerce à l'usage des jeunes garçons et des jeunes filles, une école ménagère et une école de couture, enfin, de nombreux cours professionnels du soir, très fréquentés par les apprentis[1].

Là encore, comme dans l'emploi des méthodes commerciales, nous nous sommes laissé devancer. Si nous voulons conserver la supériorité que nous confèrent nos industries de luxe, il nous faut aviser rapidement aux mesures à prendre. D'une part, rétablir le contrat d'apprentissage avec un examen final dont la consécration serait comme un brevet d'aptitude professionnelle; cette mesure est l'objet d'une proposition d'initiative parlementaire dont l'auteur est M. Dubief. D'autre part, développer notre enseignement professionnel, notoirement insuffisant en l'améliorant, en l'adaptant mieux à sa fonction, en le rendant même gratuit et obligatoire, si le principe de l'obligation est reconnu nécessaire; en favorisant, enfin, l'initiative privée des grands industriels. Un projet de loi du Gouvernement portant sur ces matières est actuellement soumis aux Chambres.

« On a dit un jour, écrivait récemment M. Millerand, que c'est le maître d'école allemand qui a remporté la victoire à Sadowa. Eh bien, sur d'autres champs de bataille qui pourraient être moins sauvages, mais non moins importants pour la destinée des peuples, il ne faut pas qu'on puisse dire plus tard que l'école professionnelle allemande a joué à notre détriment le même rôle que l'instituteur allemand. » La *Revue*, qui rappelait encore récemment, sous la signature de son savant collaborateur, M. Bernard Brunhes, la campagne qu'elle a menée « en faveur d'une coordination toujours plus étroite de la science et de la pratique industrielle », sera heureuse d'applaudir au succès d'une réforme dont elle n'a cessé de montrer l'impérieuse nécessité.

Pierre Clerget,
Professeur à l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon

Le Cercle d'études de Göttingen. — Sur l'initiative de M. le Dr Althoff, ancien directeur au Ministère de l'Instruction publique de Prusse, et grâce à la libéralité de M. le Conseiller intime de Böttinger, un Cercle d'études (Böttinger Studienhaus) s'est ouvert à Göttingen le 15 novembre 1905.

Ce Cercle d'études, indépendant de l'Université, a pour but de faciliter aux étudiants étrangers l'entrée dans des familles, où ils pourront connaître la vie et les mœurs allemandes. Un bureau universitaire de renseignements, pourvu d'une bibliothèque spéciale, donnera aux étrangers les indications nécessaires sur le fonctionnement des universités allemandes, les cours qui serviront le mieux à leur préparation spéciale, et les conditions à remplir pour l'obtention des grades universitaires allemands, du doctorat en particulier. Des cours de langue allemande seront organisés au Cercle d'études sous la direction d'un lecteur de la langue allemande pourvu de grades universitaires; enfin, des conférences par les professeurs de l'Université et des excursions faites en commun avec des étudiants allemands dans les musées ou aux villes d'un intérêt historique fourniront aux étrangers l'occasion d'utiliser l'enseignement théorique qui leur sera donné et leur permettront d'étudier sur les lieux les différents aspects de la civilisation allemande.

Le séjour de Göttingen présente pour les mathématiciens un intérêt particulier, puisqu'il leur permet de suivre les cours de MM. Hilbert, Klein et Minkowski, professeurs à l'Université.

1. Cf. Sur ces points l'excellent ouvrage de M. Georges Blondel : *L'Education économique du peuple allemand*, Paris, Larose, 1908. — Gaston Valran : *Préjugés d'autrefois et carrières d'aujourd'hui*. Toulouse, Privat, 1908. — Pierre Clerget : *La Suisse au XXe siècle*. Paris, Colin, 1908.

Digitized by Google

OISEAUX ET AÉROPLANES

Il est difficile de trouver des mots assez expressifs pour témoigner toute l'admiration que l'on éprouve à l'égard des promoteurs de l'aviation, et l'on ne saurait trop reconnaître l'énorme service qu'ils ont rendu à la Science en prouvant définitivement la possibilité du vol de poids quelconques, alors que cette possibilité était niée par tant d'esprits pourtant très distingués.

Il faut les admirer d'autant plus qu'ils ont réussi avec des engins qui ne peuvent que les conduire à une catastrophe en cas d'un coup de vent inopiné, ce qui dénote de leur part un courage au-dessus de tout éloge. On doit leur être reconnaissant aussi d'avoir fait apercevoir la grosse erreur commise jusque-là sur le coefficient K des mécaniciens. Grâce à eux, il faut voir aujourd'hui ce coefficient pour le moins décuplé, et nous ne sommes pas au bout, ainsi que j'espère le montrer.

Mais, si les aéroplanes, tels qu'ils ont été établis jusqu'à ce jour, constituent un pas de géant en aviation, il faut bien reconnaître que jamais ils ne permettront de naviguer dans les airs avec quelque sécurité, pour peu que le vent soit un peu fort, ni surtout s'il présente des à-coups inopinés, comme cela arrive presque toujours près du sol. Une espérance excessive semble être résultée de l'exemple du premier aviateur qui réussit quelques vols par temps calme ou vent modéré; ses successeurs l'ont alors plus ou moins imité et, la routine prenant ses droits, le train a été aiguillé sur une voie d'à côté et suit à présent une ligne qui, à mon sens, l'écartera pour longtemps de la véritable solution du problème.

Cela est d'autant plus vrai, mais plus regrettable aussi, que, de plus en plus, s'ancre dans l'esprit des aviateurs et des constructeurs d'appareils à voler la funeste erreur de penser que nos moyens pour propulser les corps sont bien supérieurs à ceux dont peut disposer la Nature. A l'appui de cette manière de voir, on met en avant l'hélice, les rails, les roues, — que sais-je? — J'ai même eu occasion de lire que les quadrupèdes n'avaient que leurs pattes pour se propulser, tandis que nous avions inventé les roues et que, par conséquent, il fallait bien se garder de copier servilement la Nature.

Il est heureux pour ces animaux d'en être réduits cette extrémité, car autrement leur race aurait bientôt fait de disparaître. On connaît, en effet, la difficulté à faire dévier de la ligne droite un corps lancé à grande vitesse, et l'on se demande alors comment ces bêtes auraient pu éviter les innombrables obstacles qu'ils rencontrent en forêt ou en plaine. On oublie certainement que l'aile d'un oiseau est une hélice idéale, alternative si l'on veut, mais, à coup sûr, donnant un rendement bien autrement grand que celui de nos hélices les plus perfectionnées. On oublie aussi que rails et roues avec leurs éclisses, leurs creux et leurs bosses donnent lieu à des frottements considérables, alors qu'orbites et planètes nous présentent les tracés de voies et de roues d'une perfection absolue.

Quant à la puissance des moteurs sous un poids très réduit, qu'on invoque volontiers aussi, nous attendrons pour en reparler que les détracteurs de la Nature aient trouvé le moyen de propulser des corps dont le poids ne serait qu'une fraction infime de celui de la Lune.

Afin de permettre au lecteur de former son jugement, je ne crois pouvoir mieux faire que de mettre en parallèle l'oiseau et l'aéroplane, en signalant à mesure les avantages et les inconvénients des dispositions dans les deux cas.

I. — Voilure.

Tandis que la voilure d'un oiseau est petite relativement au poids de l'animal, et d'autant plus petite que le poids est plus grand, l'aéroplane est, en général, muni de surfaces beaucoup trop grandes et son envergure paraît exagérée. Ajoutons que jamais on n'a vu d'oiseau avec deux ou trois paires d'ailes superposées, ni d'aile de forme rectangulaire. Elles sont, au contraire, très larges près du corps et se terminent à peu près en pointes à leurs extrémités, formant ainsi des triangles curvilignes.

La raison en paraît très simple : qu'un coup de vent vienne à se produire, il agira d'abord sur l'extrémité de l'aile, c'est-à-dire au bout du grand levier formé par l'ossature et les tuyaux-tiges supports des barbes. Ces dernières n'offrant à l'extrémité de l'aile qu'une surface très réduite, l'oiseau reste maître de résister à une poussée anormale du vent. Il a, de plus, la faculté ou de replier un instant ses ailes, ou de les relever afin d'abaisser son centre de gravité par rapport à la voilure, ce qui lui permet de reprendre aussitôt son aplomb. D'ailleurs, ses plumes, extrêmement flexibles, cèdent dans une certaine mesure à une poussée exagérée, ce qui lui facilite encore sa remise en bonne posture.

Mais, que dire de l'aéroplane muni de ses ailes rigides, la plupart du temps à double étage, avec largeur démesurée se prolongeant jusqu'aux extrémités, ne pouvant ni s'effacer ni s'abaisser ou se relever à la volonté de l'aviateur? Celui-ci, en cas

Digitized by Google

de coup de vent, n'a d'autre ressource que celle de se fier à sa bonne étoile pour ne pas aboutir à une catastrophe.

Les premiers pionniers, et il faut remonter à Otto Lilienthal, ont pensé que, pour plus de sécurité, il était préférable de commencer les essais en ayant recours à de très grandes surfaces, afin de rendre le vol possible à une faible vitesse, estimant de cette manière rendre moins périlleuses les chutes possibles. C'était là, à mon avis, une grave erreur. En effet, plus la surface des ailes est grande, plus les à-coups du vent sont à redouter. Il me semble beaucoup plus efficace, pour la sécurité, d'augmenter la vitesse et de diminuer la surface, car la puissance de sustentation croît comme le carré de la vitesse, et dès lors une légère augmentation de cette dernière permet une réduction considérable de la première. De plus, si l'aéroplane marche à grande vitesse, les effets d'un à-coup inopiné du vent se feront moins sentir.

D'ailleurs, les grandes vitesses ne semblent pas effrayer nos hardis aviateurs; et, d'un autre côté, on a pu voir que les surfaces étaient certainement exagérées, puisque des appareils construits en vue d'enlever un seul homme ont pu en transporter deux avec la plus grande facilité.

A un autre point de vue, si l'on examine les ailes d'un oiseau, on remarque aussitôt qu'elles sont rigides à l'avant et de plus en plus flexibles vers l'arrière et qu'elles présentent une forte courbure.

Certains aéroplanes comportent bien cette courbure, mais non toute la flexibilité désirable. Or, les deux choses, combinées chez les oiseaux, présentent une particularité extrêmement remarquable et sur laquelle plusieurs observateurs ont insisté, mais sans qu'ils paraissent en avoir aperçu toute l'importance : il ne me semble pas qu'on ait bien précisé en quoi notamment la courbure peut faciliter le vol. *A priori*, on pourrait croire, en effet, qu'elle devrait plutôt enrayer la marche en avant, puisque la surface opposée au vent est plus inclinée

Fig. 1.

sur la trajectoire et, par conséquent, éprouve une plus grande résistance de la part de l'air que lorsque l'aile est plane. Pour se rendre compte de l'heureux effet de la courbure, il est nécessaire de se rappeler que les ailes sont épaisses et absolument rigides à leur tranchant antérieur A (fig. 1), tandis qu'elles vont en diminuant d'épaisseur jusqu'à finir à zéro à leur bord postérieur B, et que, de plus, les plumes encastrées dans la partie rigide antérieure constituent de véritables ressorts, dont la flexibilité est aussi plus grande à mesure qu'on les considère plus près du bord postérieur B. Tous ces ressorts sont si merveilleusement calculés que, lorsque le poids de l'oiseau porte sur les ailes, qui, elles, prennent appui sur l'air, toutes les plumes se redressent en se bandant et en se mettant en ligne avec le tranchant avant, suivant AC. Elles établissent alors exactement l'équilibre entre le poids de l'oiseau et la pression de l'air sous l'aile. On aperçoit aussitôt l'immense avantage de cette disposition; à chaque battement des ailes, celles-ci n'offrent plus qu'un profil réduit dans le sens de la marche et, par suite, la résistance à l'avancement est, elle aussi, réduite au minimum. De même, en planant dans une descente, l'oiseau porte tout le temps sur cette surface AC ainsi bandée et redressée; il peut donc suivre une ligne de moindre inclinaison sur l'horizon, tout en équilibrant son poids sur la somme des ressorts formés par ses plumes ainsi redressées et bandées.

Mais la disposition procure un second avantage, des plus notables aussi : en vol normal et à chaque relevée des ailes, les ressorts cèdent un peu et, tout en donnant de la douceur au mouvement, ils contribuent, pour une grande part, au relèvement en rebondissant sur l'air, l'excédent nécessaire à cette relevée étant fourni par la poussée de l'air sous la voilure dont l'inclinaison sur l'horizon se trouve augmentée, soit automatiquement par le fait même que les ressorts, en se débandant en partie, ont laissé reprendre à l'aile une certaine courbure, ce qui augmente la composante verticale de l'air, soit volontairement par une torsion insignifiante du bras, augmentant très légèrement l'incidence des ailes; celles-ci se relèvent ainsi sans effort apparent. D'ailleurs, si l'on veut aller au fond des choses, on peut remarquer qu'il n'est même pas nécessaire que l'oiseau change volontairement l'incidence des ailes, car elle s'augmente d'elle-même par le seul fait de la relevée. En effet, on ne peut imaginer un corps rigide à l'avant et flexible à l'arrière et qui puisse être relevé dans un fluide sans que la partie rigide antérieure qui commande ce relèvement ne prenne les devants sur la partie flexible.

Il résulte, en définitive, de ces considérations, que l'oiseau est aussi bien soutenu quand il relève ses ailes que lorsqu'il les abaisse.

Il est d'ailleurs bien facile de vérifier le fait en faisant godiller horizontalement dans l'air une plume artificielle ayant la flexibilité transversale voulue et manœuvrée convenablement à la main.

Certains inventeurs ont déjà combiné des appareils à ailes battantes, mais ont eu la regrettable

Digitized by Google

idée de les munir de panneaux à charnières s'ouvrant de haut en bas, pensant ainsi faciliter la relevée. Ils n'ont abouti qu'à un échec plus certain en ayant voulu, eux aussi, faire mieux que la Nature.

Si donc l'on persistait dans la voie de l'aéroplane, du moins conviendrait-il, ainsi que l'ont fait déjà Esnault-Pelterie et d'autres, je crois, de n'avoir recours qu'à une voilure unique et de surface réduite et surtout de donner à cette surface la courbure et la flexibilité transversales; enfin, de rechercher une combinaison simple permettant de changer à volonté, ne fût-ce que de très peu, l'orientation transversale, c'est-à-dire l'angle d'incidence; on éviterait ainsi l'emploi du gouvernail dit « de profondeur », dont on ne semble pas apercevoir le danger. Les frères Wright ont bien essayé de remplir ces conditions; mais leur procédé de gauchissement des surfaces paraît insuffisant, et la courbure des surfaces n'a pas la flexibilité voulue.

II. — Gouvernail.

Personne, je pense, n'a vu d'oiseau portant la queue en avant, et quel est l'ingénieur qui oserait placer cet organe en proue, sachant qu'un seul mouvement un peu brusque fera se cabrer la machine? Au contraire, placé à l'arrière, le gouvernail est sollicité à se redresser et à se remettre constamment en position normale, car l'air qui s'écoule rapidement le long de ses flancs, loin de pouvoir le retrousser, tend, au contraire, à le ramener sans cesse dans le sens de cet écoulement.

Oui, je sais; dans les automobiles, la direction se fait par l'avant-train, et peut-être est-ce là ce qui a conduit les aviateurs à une disposition analogue. Mais ne lit-on pas tous les jours le fait-divers, devenu banal, d'un obstacle apparaissant subitement à la vue d'un wattman lancé à fond de train? Alors, vite un coup de volant un peu trop accentué, et voilà la machine tête à queue, et tout est fracassé. On en court la chance, car il faut bien reconnaître que cette direction des automobiles est commode et bien plus facile à installer que par l'essieu d'arrière; puis chacun se croit de grande prudence et se persuade volontiers que, si l'accident doit arriver, ce sera pour le voisin. Soit, mais en aviation on se demande vainement quels ont pu être les motifs d'une disposition aussi dangereuse et aussi inutile, alors qu'il serait si facile d'atteindre le même but, mais avec une sécurité bien autrement grande, en plaçant le gouvernail à l'arrière, où il servirait en même temps dans toutes les directions, ainsi que cela a lieu pour les oiseaux. Ceux-ci peuvent, d'ailleurs, se diriger même sans queue, par la simple orientation, en tous sens et à volonté, de leurs ailes, comme aussi le font les chauves-souris.

Wright a bien ses moyens de gauchissement des surfaces et s'en sert pour faciliter ses virages, mais la disposition serait insuffisante sans l'adjonction d'un gouvernail; celui-ci est, d'ailleurs, extrêmement efficace pour assurer la stabilité longitudinale, et il faudrait se garder de le supprimer à l'arrière.

III. — Moteur et propulsion.

C'est ici qu'apparaît la plus fâcheuse divergence entre oiseaux et aéroplanes. Un aéroplane ne peut se tenir dans l'air que grâce à l'angle que forme sa voilure avec l'horizon; il oblige alors un volume colossal d'air à s'effondrer continuellement sous l'action des parois inclinées de cette voilure, et ce n'est qu'ainsi qu'il peut maintenir, à grand prix au point de vue de la force motrice, la composante de sustentation à la valeur voulue pour faire équilibre au poids total de l'appareil. Si l'on tient compte, en outre, des gouvernails, de toutes les entretoises, des prolonges, des haubans et, en général, de tous les accessoires qui encombrent un pareil engin, on peut se faire une idée de la résistance excessive qu'il doit éprouver en s'avançant contre l'air, et l'on ne peut plus s'étonner que, pour emporter un homme, il soit nécessaire d'avoir recours à des moteurs de la puissance usitée. En un mot, le rendement est pitoyable, sans même parler de celui des hélices, bien médiocre aussi, quoi qu'on en puisse dire.

Chez l'oiseau, au contraire, la surface portante sert en même temps à la propulsion; donc, loin d'entraver la marche en avant, c'est elle qui la provoque, et, ce qu'il faut noter avant tout, c'est que, dans le vol par battements d'ailes, celles-ci n'exigent plus que le déplacement d'une très faible quantité d'air, toutes proportions gardées. En effet, ainsi que je l'ai rappelé dans une Note parue dans cette *Revue*[1], les ailes d'un oiseau sont d'une légèreté extrême, ce qui permet à l'animal de frapper l'air à très grande vitesse; il se passe alors l'effet dont j'ai parlé il y a longtemps[2] et que voici : l'air ainsi attaqué ne peut suivre le mouvement ni se déplacer à cette grande vitesse, en sorte qu'il résiste ainsi que le ferait un solide.

Il va de soi qu'à chaque coup d'aile l'effet ne dure qu'une fraction de seconde; mais cet instant suffit à l'oiseau pour lui permettre de se maintenir à sa hauteur; son centre de gravité est relevé d une petite quantité à chaque battement, ce qui d'ailleurs ne s'aperçoit pour ainsi dire pas, en plein vol, en raison de la souplesse du corps et des muscles.

Il est aisé de vérifier le fait en observant un

[1] Voir la *Revue* du 6, 30 mars 1908.
[2] C. Weyher : Sur l'éther. Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Digitized by Google

oiseau un peu gros, par exemple un pigeon, au moment où il s'enlève près de vous; à chaque battement, vous entendez un bruit sec, comme si l'aile tapait sur du bois; ou encore prenez la plume artificielle dont il a été question plus haut et abattez-là de toutes vos forces en la tenant de manière à couper le vent, ce qui lui permet d'acquérir une grande vitesse, puis, vers la fin de sa course, tournez vivement le poignet qui tient le manche de manière à ce que d'un coup la plume se présente à l'air par son plat; aussitôt le mouvement est arrêté net comme si vous aviez frappé sur un billot. Certes, l'arrêt ne dure qu'un instant, car aussitôt après, et en raison même de cet arrêt momentané, l'air trouve le temps pour s'écouler latéralement le long des parois et la plume cède et s'abaisse facilement.

A ce sujet, je prie le lecteur d'excuser une parenthèse et M. Eiffel de me la pardonner; je pense que ses expériences à la Tour, d'ailleurs si intéressantes, auraient eu une valeur bien plus grande encore s'il les avait fait porter sur d'autres appareils que de simples plans minces normaux ou inclinés sur l'axe de chute.

Ainsi, il aurait fallu faire tomber aux vitesses qu'il pouvait atteindre, soit 30 à 40 mètres par seconde, par exemple un plan constitué par une série de clapets à charnières et retenus tous par des arrêts et des ressorts antagonistes dans une position bien verticale, afin de ne donner lieu à aucune résistance à l'air; puis, à un certain point de la chute, faire opérer le déclenchement simultané de tous ces clapets au moyen d'un petit heurtoir fixe placé à l'extérieur au point convenable. Un puissant ressort aurait, comme il convient, enregistré l'importance et la durée du coup de bélier obtenu sur l'air.

Enfin, il aurait utilement complété ses essais en mesurant les différentes résistances, non plus avec de simples disques, mais avec des corps fuselés munis de proues et de poupes, de formes variées, mais surtout très effilées par derrière, et en les plaçant alternativement gros bout en avant ou en arrière, en notant les différences en chaque cas.

Pour en revenir à la question principale, nous sommes donc obligés de constater que l'aéroplane, afin de se soutenir dans l'air, doit être en mesure de fournir le travail considérable nécessaire pour forcer à s'effondrer un volume d'air tout à fait anormal, et que tout en lui semble combiné pour rendre plus onéreuses sa sustentation et sa propulsion.

Chez l'oiseau, au contraire, tout est tellement bien ordonné qu'il peut se déplacer dans les airs en ne dépensant qu'un travail insignifiant, grâce à la disposition merveilleuse de ses rémiges et des autres parties de l'aile, dont nous avons signalé les avantages, et, si l'on y regarde de près, on s'aperçoit qu'en somme ce travail n'est autre que celui qui lui est nécessaire pour percer l'air dans le sens de sa marche, alors que la projection de son corps et de ses ailes sur un plan perpendiculaire à ce sens présente le minimum.

En se reportant à ce qui vient d'être dit, on se demande si le coefficient K, au sujet duquel on a tant discuté, n'a pas été la cause du retard si prolongé de la solution du problème de l'aviation; il permettait, en effet, de nier la possibilité du vol mécanique; et nous voyons que, pour en user, il faut d'abord se rendre un compte exact de toutes les données à faire intervenir dans les formules et examiner de quelle manière une surface vient attaquer les couches aériennes sur lesquelles elle doit prendre appui. Si cette attaque a lieu à une vitesse constante, la valeur du coefficient peut bien osciller entre 0,03 d'autrefois et 0,13 d'aujourd'hui. Mais nous venons de voir qu'en cas d'attaque brusque, cette valeur peut dépasser l'unité.

Une dernière remarque s'impose ici : c'est que toute surface qui frappe l'air détermine en plus une dépression au-dessus d'elle, qui influe grandement sur la puissance de sustentation; à mon su, on n'en tient généralement aucun compte.

IV. — Puissance motrice.

D'après bien des auteurs, les oiseaux jouiraient d'une puissance musculaire très supérieure à celle de l'homme et même des autres animaux, relativement à leurs poids respectifs. Je croirais plutôt qu'il n'y a là qu'une inversion et qu'oiseaux et quadrupèdes de même poids n'ont aussi qu'une même puissance, mais que, pour les premiers, elle est plus accentuée dans les membres d'avant au détriment de ceux d'arrière, tandis que, pour les seconds, c'est l'arrière-train qui est privilégié; ainsi le veut la locomotion prenant son point d'appui sur des milieux différents, et il paraît presque certain qu'un oiseau, pour fendre les airs, aura moins de travail à dépenser qu'un quadrupède à courir dans les herbes ou obstacles de tout genre dont il subit les entraves.

V. — Conclusion.

Pour toutes les raisons développées, je pense donc que la véritable solution du problème ne se trouvera que dans l'imitation des oiseaux, et sa réalisation me paraît beaucoup plus facile qu'on ne se l'imagine *a priori*.

Dans l'un de mes précédents articles [1], nous avons vu comment un oiseau peut s'élever et voler sans

[1] *Revue générale des Sciences*, n° 7, 15 avril 1908.

Digitized by Google

fournir lui-même aucun travail musculaire lorsque le vent souffle avec une vitesse de 12 à 15 mètres par seconde; on peut en déduire sans conteste que l'homme pourrait faire de même, à la condition d'être en possession d'un appareil bien étudié. Réciproquement, il volerait en air calme s'il arrivait à se donner une vitesse horizontale de 12 à 15 mètres à la seconde. Or, il n'est pas douteux qu'il atteindrait cette vitesse en montant sur deux roues libres, un genre de bicyclette très légère sans aucun mécanisme et en se servant comme propulseur d'une paire d'ailes articulées par des charnières horizontales, mais laissant une certaine liberté d'orientation dans les autres sens et fixées aux branches d'une fourche rattachée à la tige de selle. La hauteur des charnières au-dessus de la selle serait réglée de manière à ce que celles-ci restent un peu au-dessous des bras. Le battement des ailes serait obtenu par l'intermédiaire des jambes au moyen de cordelettes ou bielles légèrement extensibles, tandis que les bras et les mains serviraient à commander les orientations des ailes et du gouvernail. Une fois lancé à la vitesse voulue, il suffirait, pour s'enlever, de donner aux ailes une légère incidence. Ce serait le moyen le plus économique, vers lequel les inventeurs devraient diriger leurs recherches, sans se laisser arrêter par les premiers insuccès inhérents à toute combinaison nouvelle.

S'il s'agit d'enlever des poids plus lourds et nécessitant dès lors le recours à un moteur, la question se compliquerait de l'étude de ce moteur, inexistant pour l'instant, car il va de soi qu'on ne saurait employer les moteurs à grande vitesse et à cylindres multiples qui servent aux aéroplanes.

Ch. Weyher.

LE PROBLÈME TÉLÉPHONIQUE ACTUEL EN FRANCE

Le récent incendie de l'Hôtel des Téléphones de Paris a attiré l'attention sur les divers systèmes qui se proposent de résoudre l'important et délicat problème des communications téléphoniques.

Le téléphone a si complètement pénétré nos habitudes, il joue actuellement un tel rôle dans notre vie sociale, commerciale et industrielle, que le dommage causé par l'incendie survenu le 20 septembre dernier est encore plus déplorable par ses répercussions que par la valeur des meubles (les multiples) qu'il a détruits. Un ou deux millions, trois au plus représentent la valeur des organes perdus; mais c'est très sûrement par centaines de millions que se chiffreront les pertes que l'absence brusque et prolongée de communications téléphoniques, dans un centre aussi actif que Paris et sur tout le réseau inter-urbain français[1], fera éprouver à notre commerce et à notre industrie. Les éléments qui constituent un multiple téléphonique sont si menus, si complexes et si délicats à construire et à disposer, ils nécessitent de telles précautions d'isolement, surtout dans les multiples à batterie centrale, qu'il s'écoulera de longs mois avant que le service téléphonique soit restauré dans l'état où il se trouvait à la veille de la catastrophe. Notez d'ailleurs que le service téléphonique français était loin de se trouver, avant ce déplorable incendie, en accord avec ce que les progrès de la technique téléphonique permettent d'exiger.

Loin de profiter des enseignements que porte avec lui tout accident et de s'en inspirer pour mettre enfin notre réseau parisien et, par répercussion, tout le réseau national, si déplorablement sacrifié depuis nombre d'années[1], en accord avec les progrès récents et les besoins croissants, l'Administration des Téléphones semble vouloir se contenter de restaurer au plus tôt, dans des conditions qui ne peuvent être que défectueuses, par l'emploi des types mêmes qui viennent de montrer leur infériorité *sinon de principe, du moins de construction*, un provisoire qui, on le sait trop, hélas! en France, constitue pour de longues années un état définitif[2].

Sans présomption aucune et sans vouloir chercher à incriminer en aucune manière telle ou telle façon d'administrer, tel ou tel mode de recrutement du haut personnel directeur de l'Administration des Téléphones, une question se pose : Par quelle

[1] Les lignes à trafic dense sont surtout les lignes radiales, aboutissant à Paris, où, dans notre pays par trop centralisé, tout converge, au grand dommage des intérêts et des activités provinciales par trop négligées.

[1] Il n'était pas rare, avant l'incendie du 20 septembre dernier, d'attendre dans le plus grand nombre des villes de province deux et trois heures des communications téléphoniques avec Paris. Presque à coup sûr, on pouvait, pendant la durée de l'attente, échanger un télégramme avec son correspondant.

[2] Exemple entre mille d'un provisoire qui dura plus de quarante ans : la gare de la Compagnie du Midi, de Bordeaux, qui, disposée sous l'Empire, en 1856, dans des baraquements, y demeura, au grand dam de la santé des employés, de la sécurité et de la commodité du public, jusqu'en 1898.

Digitized by Google

malchance faut-il que ce soit en France, et en France seulement, que les multiples à batterie centrale prennent feu dès qu'ils sont installés?

Il y a bientôt quinze ans que le système de la batterie centrale ou système de la Western Électric C° a été imaginé et réalisé en Amérique. L'Allemagne a doté Berlin de multiples de ce système depuis 1901; le multiple à batterie centrale a été établi en 1904 à Budapest et, bien qu'on ait alors doublé sa capacité (20.000 abonnés par multiple au lieu de 10.000), bien que de ce chef les épaisseurs des réglettes de jacks et des réglettes de lampes indicatrices d'appel superposées aux jacks aient dû être réduites au strict minimum, que, par suite, les conditions de bon isolement aient été plus malaisées à réaliser, depuis plus de dix ans d'une part, et de cinq ans de l'autre, ces services étrangers utilisent la batterie centrale non seulement sans avoir eu à déplorer d'incendie, mais encore en dotant leurs pays de communications téléphoniques plus rapides et mieux utilisées que celles qui nous desservent.

L'étude[1] que j'ai récemment faite des diverses solutions données au problème des communications téléphoniques et l'intérêt que j'ai toujours porté, comme ancien télégraphiste, aux progrès de cette branche importante de la petite électrotechnique, m'engagent à indiquer les solutions qui me paraissent les meilleures, les plus sensées et aussi les plus pratiques à adopter pour sortir de la position d'infériorité, si regrettable à tous égards et si préjudiciable à notre commerce et à notre industrie, dans laquelle se trouvent nos services téléphoniques comparés à tous les services similaires des grandes nations civilisées.

I

Dans la séance du 6 novembre dernier, à la Chambre, M. le Ministre des Travaux publics et des Postes et Télégraphes, répondant à ses interpellateurs, ne put que déplorer l'état actuel, que reconnaître l'incapacité, l'incompétence ou la négligence de ceux qui eurent à diriger et à décider la solution à choisir pour doter enfin Paris d'un réseau convenable et convenablement exploitable.

Deux solutions également sanctionnées par la pratique se présentaient aux ingénieurs lorsque, *sous la poussée des réclamations du public*, ils durent enfin chercher à remplacer les multiples vieillots dont on ne trouvait guère plus d'exemplaires dans les services étrangers. Ces solutions étaient les suivantes :

1° Les multiples à batterie centrale;

2° Les multiples automatiques.

Est-ce par crainte de se trouver trop en avance sur les étrangers et pour être bien certain que la France resterait encore le dernier grand pays à adopter les solutions les plus perfectionnées? Toujours est-il qu'après avoir attendu trop d'années, alors que les États-Unis, l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, l'Autriche-Hongrie abandonnent la batterie centrale dont ils avaient admirablement su se servir au moment voulu et lorsque leurs réseaux réclamaient par un développement continu et graduel l'utilisation de ce dispositif, c'est lorsque cette solution si élégante, si pratique et si pleine de sécurité (pourvu qu'elle soit appliquée avec une véritable connaissance des phénomènes qu'on y met en jeu), c'est lorsque cette forme des multiples commence à ne plus convenir aux exigences toujours croissantes de la clientèle téléphonique, lorsque l'Amérique la rejette, lorsque l'Allemagne n'en veut plus, c'est alors que l'Administration française adopte la solution du multiple à batterie centrale.

Au moins pouvait-on espérer que les multiples français à batterie centrale seraient impeccables, puisqu'ils se trouvaient être les derniers venus et les derniers construits. Il semble qu'ils eussent dû bénéficier de tous les perfectionnements dont un long usage de ces meubles avait montré l'utilité. S'ils ne sont susceptibles que d'assurer le trafic qui correspond aux exigences d'hier, au moins l'assureront-ils d'une manière parfaite? Il n'en est rien. Un seul multiple à batterie centrale a pris feu, depuis plus de quinze ans qu'on en fabrique : c'est le dernier construit, celui même qui fut fait pour l'Administration française et sous la surveillance de l'Administration française!

Nos ingénieurs seraient-ils parfaitement incapables? Evidemment, non. Le haut personnel directeur de notre Administration téléphonique n'est pas incapable[1], mais il est et restera, tant que son recrutement ne variera pas, parfaitement incompétent dans de semblables questions. L'incendie des multiples français démontre, d'une manière nouvelle et avec plus de force, ce que mille autres faits de l'histoire pratique de toutes nos administrations techniques qui se recrutent à l'Ecole Polytechnique viennent corroborer. Savoir : combien, malgré les fastes glorieux de l'histoire de sa jeunesse, combien

[1] Voir, pour la description générale et détaillée des divers systèmes de multiples téléphoniques, ma récente étude « Du téléphone de Bell aux multiples automatiques », publiée dans la *Revue électrique* (n° du 15 novembre 1908 et suivants).

[1] Si nous ne nous abusons, c'est une proposition mathématique de la plus haute importance que notre collaborateur émet ici. On peut l'énoncer sous cette forme : Une somme de hautes capacités équivaut à une incapacité absolue. LOUIS OLIVIER.

Digitized by Google

cette grande Ecole est néfaste au pays, combien la solution qu'elle prétend apporter au recrutement du personnel technique d'une grande nation est fausse et en complet désaccord avec les besoins actuels de l'industrie, avec l'énorme développement industriel qui exige des techniciens spécialisés et non des polytechniciens qui, sous le vernis prétentieux de tout savoir[1], cachent forcément l'ignorance complète des plus récents progrès.

Comment, d'ailleurs, des ingénieurs en chef qui, lorsqu'ils étudiaient à l'Ecole, ne purent évidemment pas ouvrir un livre d'Electricité industrielle, puisqu'il n'en existait pas un seul à cette époque, connaîtraient-ils les dangers de l'emploi des courants industriels? Ingénieurs des télégraphes, ils ne connaissent que le courant des piles; aussi, ont-ils à établir ou à surveiller l'établissement d'un multiple à batterie centrale, ne sachant pas quelle brutalité se cache entre les plaques d'un accumulateur, avec quelle impétuosité cette pile, *sans résistance intérieure*, déverse l'énergie qu'elle recèle, ils oublient de munir de coupe-circuit fusibles[2] les conducteurs provenant des batteries, et le feu se met aux câbles, se communique aux divers étages et détruit les multiples.

Il n'y a, d'ailleurs, qu'à ouvrir l'*Officiel* du 7 novembre pour y trouver, dans la bouche du ministre même, l'aveu de cette incompétence: « Je voudrais, dit M. Barthou, que le personnel fût préparé d'une façon toute particulière au fonctionnement de ce Service; je voudrais, d'une part, sinon créer un corps spécial d'ingénieurs des téléphones (et pourquoi pas?), du moins je voudrais qu'à un certain moment les ingénieurs se spécialisassent dans l'industrie téléphonique et que nous n'assistassions pas à ce spectacle fâcheux d'un ingénieur enlevé brusquement à un service postal, qu'il connaît bien, pour passer dans un service téléphonique, que *peut-être il ne connaît pas suffisamment.* »

Veut-on une preuve manifeste de cette incompétence, que j'appellerai incompétence d'origine? Je la trouve en analysant un ouvrage des mieux écrits et des plus récents : le *Traité de multi-communication* de M. Estaunié. L'auteur est précisément un des plus documentés de l'Administration; il appartient à la génération de ceux qui n'eurent pas à l'Ecole de cours d'Electricité industrielle, mais pour qui, cependant, le souci de se tenir au courant des progrès de la technique télégraphique et téléphonique leur fit acquérir, au cours de leur carrière, de très nombreuses connaissances. Avec raison, il pense pouvoir rendre service à ses collègues et à ses émules en publiant un Traité, d'ailleurs très clairement rédigé et admirablement composé, présentant surtout les questions avec une originalité de dilettante. L'exemple que je prends paraît donc devoir être tout à fait en défaveur de ma thèse. Et cependant, vous chercherez en vain, dans ce savant Traité où les divers appareils sont habilement présentés avec le souci d'une classification nouvelle, une description, si générale soit-elle, des multiples automatiques[1]. Il n'en est pas question. Voilà un ouvrage publié en 1904, qui semble ignorer une invention faite en 1889, essayée depuis bientôt vingt ans et dont la pratique de plusieurs années a si bien démontré la commodité et la sécurité qu'en 1904 plus de douze villes américaines se satisfont de réseaux à multiples automatiques dont la capacité varie entre 6.000 et 10.000 abonnés. Les essais ainsi faits pratiquement sont si encourageants qu'en 1905 deux grandes villes américaines, Chicago et Los Angeles, adoptent des multiples automatiques de cent mille abonnés (100.000). L'Administration allemande, après avoir fait depuis 1900 des essais de ce genre de multiples qui permet, tout en restreignant le personnel, d'accroître presque à l'infini le trafic, songe à l'adopter; mais les ingénieurs français l'ignorent ou feignent de l'ignorer, puisque les plus documentés d'entre eux n'en font pas mention ou en parlent comme d'une curiosité sans objet. N'est-il pas suffisant, puisque toutes les Administrations étrangères se préparent à abandonner le système à batterie centrale[2] après

[1] Est-il besoin de dire qu'une École n'est pas responsable de l'étymologie de son nom? LOUIS OLIVIER.

[2] On lit dans l'*Officiel* du 7 novembre (Chambre des députés, 2e séance du 7 novembre 1908, p. 2105, 3e colonne), de M. Simyan, sous-secrétaire d'État des Postes et Télégraphes : « Des coupe-circuit, nous en avons partout, nous en avons à l'intérieur pour protéger nos appareils, nous en avions dans toute la circonscription de Gutenberg, à l'entrée de tous les postes d'abonnés. *Il n'y en avait pas*, il est vrai, et on nous l'a reproché, *à l'entrée du répartiteur...* » Ainsi, pas de coupe-circuit à l'endroit où ils étaient *le plus indispensables.* Comme si la précaution la plus élémentaire n'indiquait pas de placer à la sortie même de chaque batterie des coupe-circuit devant fondre dès que le courant débité dépasse le maximum du courant que cette batterie doit fournir, et cela indépendamment des coupe-circuit protecteurs de chaque câble du répartiteur.

[1] Voir pour la description des multiples automatiques notre étude « Du téléphone de Bell aux multiples automatiques » (*Revue électrique*, n° du 15 novembre 1908 et suivants).

[2] On se convaincra aisément, en consultant l'*Officiel*, que l'Administration française se dispose à équiper les réseaux téléphoniques en batterie centrale et ne se soucie nullement des multiples automatiques qui, avec de nombreux avantages, offriraient celui de ne pas vouer à une mort certaine la foule des téléphonistes, miraculeusement épargnée par une coïncidence heureuse lors de l'incendie du dimanche 20 septembre dernier. (Les multiples automatiques suppriment, en effet, les téléphonistes, un employé pouvant desservir jusqu'à 10.000 abonnés.) M. Simyan annonce, en effet (*Journal Officiel*, *ibid*, p. 2186, colonne 3), en indiquant la façon dont la réfection du réseau s'opèrera : « Bien entendu, les dispositions sont prévues sur ces multiples pour que l'installation de la batterie centrale puisse se faire ultérieurement sans difficulté ».

Digitized by Google

en avoir tiré pendant nombre d'années tout le profit possible, que nos ingénieurs commencent à étudier cette batterie centrale qui va bientôt passer dans l'histoire de la téléphonie? Avec quel soin et quelles aptitudes éclairées se livrent-ils à cette étude? L'incendie récent le montre surabondamment.

II

Mais, dira-t-on, les ingénieurs ou le recrutement de ceux qui décident des transformations du matériel téléphonique ne sont pas seuls incriminables. Ce matériel, s'il fut choisi par l'Administration, fut construit par l'entreprise privée. Evidemment, et le désastre récent vient montrer encore une fois les dangers de l'adjudication, surtout lorsqu'elle se trouve, par l'incompétence même de ceux qui représentent l'Etat, sans aucun contrepoids. Ici encore nous rencontrerions très probablement[1] un des exemples si nombreux de malfaçons dont l'opinion publique paraît s'émotionner fort peu lorsqu'elles ont comme auteurs des possesseurs (exemples nombreux en ce qui concerne : 1° l'alimentation : fournitures de viande à l'armée, de pain aux habitants; 2° la construction : superstructure des travaux du métropolitain, etc., etc...), et que la presse à grand tirage lui exagère à plaisir dans les quelques cas, d'ailleurs rares, où les malfaçonneurs sont des ouvriers. Il est à signaler, en effet, dans le cas particulier qui nous occupe, le dévouement dont fait actuellement preuve le personnel subalterne des téléphones pour parer, dans la mesure du possible, à la situation présente, si désastreuse, de notre service téléphonique.

Une autre raison qu'on veut trouver au déplorable état de notre réseau des téléphones est le fait que l'Administration téléphonique est administration d'Etat. Et les sociologues individualistes de partir en guerre contre l'Etat, désorganisateur, selon eux, de toute administration. On peut aisément les suivre et les réfuter à propos de ce raisonnement : il est si facile d'y opposer l'administration d'*État* des chemins de fer allemands[2], qu'eux-mêmes citent en exemple à nos administrations *privées* de voies ferrées, l'administration d'*État* des mines du Harz, enfin, et l'exemple est ici topique, les diverses administrations étrangères d'État des téléphones. La raison du mauvais fonctionnement ou, du moins, du fonctionnement défectueux de nombre d'administrations, techniques françaises, administrations *publiques* ou *privées*, doit être recherchée dans le recrutement du haut personnel de ces administrations que la seule Ecole Polytechnique assure. La confiance absolue dans leur instruction, qu'ils croient facilement universelle et absolument complète, la prétention générale de n'errer jamais, jointe à une camaraderie qui fait de ce corps d'ingénieurs une camarilla des plus néfastes au pays, constituent autant de défauts en désaccord complet avec les exigences actuelles des techniques si diverses, si compliquées et qui évoluent si rapidement. Toute exploitation technique exige à l'heure actuelle des esprits sérieux et non prévenus, des chercheurs en quête de documentation toujours nouvelle, des ingénieurs s'inspirant des plus récents progrès et aptes à acquérir rapidement la pratique des méthodes nouvelles.

III

En ce qui concerne la solution à donner au problème que pose l'état actuel de notre réseau téléphonique, il nous semble que, sans se leurrer de l'espoir fallacieux de restaurer d'ici quelques semaines le réseau français *dans l'état, d'ailleurs des plus défectueux, qu'il présentait à la veille de l'incendie de la rue Gutenberg*, il y aurait lieu d'envisager la constitution d'un réseau urbain automatique à Paris, parallèlement avec celle d'un réseau interurbain permettant de véritables communications téléphoniques, c'est-à-dire à courte échéance. Quant à la taxation de l'abonnement, il serait aussi juste que profitable de la fixer d'après la fréquence des communications demandées par l'abonné. De trop nombreux dispositifs de taxation automatique, ayant, du reste, fait leurs preuves dans la pratique, en particulier sur le réseau suisse, existent à l'heure actuelle pour que cette partie du problème soit difficile à résoudre.

L'économie d'un semblable projet au point de vue financier ne comporte pas les difficultés qu'il pourrait, de prime abord, faire craindre. Si, en effet, des crédits très importants sont nécessaires[1]

[1] Je dis *très probablement*. La constitution, au lendemain de l'incendie de la rue Gutenberg, d'une Commission composée uniquement de polytechniciens, qui comprendrait, *paraît-il*, un des ingénieurs qui ont eu à organiser les multiples incendiés, ne permet pas d'espérer vraisemblablement qu'on puisse jamais démêler la part respective de responsabilité qui, dans le désastre récent, incombe aux services directeurs de l'État et celle qui est le fait de la malfaçon possible de l'entreprise privée.

[2] Comparaison n'est pas raison. Il s'agit de savoir si, en France et non pas en Chine, l'administration par l'État vaut mieux ou moins que l'administration privée. Aucun des exemples cités par notre collaborateur ne nous paraît décisif en faveur de sa thèse. Ouverte à toutes les tendances scientifiques, la *Revue générale des Sciences* laisse à chaque auteur la responsabilité de ses opinions. LOUIS OLIVIER.

[1] La Chambre accorde, d'ailleurs, à l'Administration plus de crédits qu'elle n'en sait utiliser. C'est ainsi que M. Doumer, rapporteur général de la Commission du budget, indique : « En général, la Chambre accorde à l'Administration plus de crédits qu'elle n'en peut utiliser. Ainsi, pour 1907, la Commission du budget avait fait voter, pour l'amé-

Digitized by Google

pour une semblable réfection, le développement de plus en plus considérable des communications téléphoniques, chaque jour plus indispensables à l'évolution rapide de notre industrie actuelle et de nos procédés de commerce, assurera les ressources nécessaires à la rétribution de ces crédits. Le développement du téléphone dans le passé en est un sûr garant.

La réalisation de ce projet doit être faite avec rapidité, mais sans hâte fébrile. Toute hâte serait en désaccord absolu avec les conditions de sécurité indispensables à tout dispositif téléphonique. Pendant la durée nécessaire à cette totale réfection, le service serait assuré avec les ressources actuelles, si défectueuses, hélas !

Et surtout qu'on ne confie pas encore la direction d'une telle œuvre à un ancien élève de l'Ecole Polytechnique[1] et à un corps de polytechniciens[2] ! Alors, mais alors seulement, on ne verra pas se produire cette anomalie paradoxale que ce soit justement le pays où un Bourseul prédit et indiqua dans ses grandes lignes le téléphone de Bell (et fut d'ailleurs si peu encouragé par ses chefs, les Ingénieurs des Télégraphes d'alors, 1854), le pays où la capitale, Paris, fut la première ville d'Europe dotée d'un réseau urbain, où la plus longue ligne téléphonique du monde fut longtemps située (Paris-Marseille), le grand pays qui possèda le premier circuit téléphonique international (Paris-Bruxelles), soit également le dernier pays où les multiples téléphoniques à batterie centrale soient adoptés, et le seul pays où ils n'y puissent être installés sans prendre feu à peine mis en exploitation.

Albert Turpain,
Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers,
Chargé du cours d'Electricité industrielle.

LA FABRICATION INDUSTRIELLE DE LA CYANAMIDE DE CALCIUM

Deux engrais artificiels sont actuellement employés principalement : le nitrate de soude et le sulfate d'ammonium.

Le nitrate de soude, ou salpêtre, provient à peu près exclusivement du Chili. D'après des chiffres donnés en 1903 par le Dr Erlwein, de Berlin, la consommation du monde, en salpêtre du Chili, a passé de 0 en 1830 à 25.000 tonnes en 1850, 75.000 en 1870, 800.000 en 1890 et 1.540.000 tonnes en 1903.

Le sulfate d'ammonium est fourni en grande quantité comme sous-produit des usines à gaz et des installations à gaz Mond ; toutefois, il n'est pas probable que la production en soit jamais assez forte pour qu'il puisse remplacer le nitrate de sodium quand les réserves américaines de ce dernier corps seront épuisées.

Même en admettant que le gaz Mond soit adopté d'une façon universelle pour la production de la force, on n'aurait encore qu'une quantité tout à fait insuffisante de cet élément; aussi bien, nos dépôts de combustible s'épuisent également.

I

Différents procédés ont été proposés pour la fabrication industrielle des engrais chimiques azotés. Les plus intéressants à l'heure actuelle sont les méthodes basées sur la fixation électrique de l'azote atmosphérique.

Les procédés électriques de fabrication des nitrates peuvent être classés en trois catégories.

Dans la première, l'arc est employé pour produire du peroxyde d'azote par la combustion de l'azote de l'air; le peroxyde, refroidi, est absorbé par un lait de chaux et donne du nitrite ou du nitrate de calcium.

A cette catégorie se rattachent les procédés bien connus, basés sur les découvertes de Cavendish et Davy, de Mme Lefèvre (1839), de Prim (1882), de

lioration des services, des crédits sur lesquels plus de six millions sont tombés en annulation avant la fin de l'année ». (*Officiel*, *loc. cit.*, p. 2111, colonne 1.)

[1] Encore à l'occasion de ce vœu, la *Revue* doit faire les plus expresses réserves. M. Turpain oublie, dans sa belle ardeur, qu'il y a des polytechniciens dont le savoir n'est pas seulement livresque. LOUIS OLIVIER.

[2] L'incompétence du haut personnel de notre administration des Téléphones ressort encore de ces passages du Rapport d'une Commission américaine, chargée par la ville de Chicago de faire une enquête dans le monde entier sur le fonctionnement des Services téléphoniques : « Au double point de vue des téléphones locaux et interurbains, le Service français peut être considéré comme le plus inefficace et le plus archaïque de toute l'Europe. Et ce fait est si notoire, ajoute le rapporteur américain, qu'il est le rire général de tous les ingénieurs européens et qu'il cause l'exaspération quotidienne de tous les abonnés ». Le rapporteur énumère ensuite les principales causes de la faillite du système français : l'absence de toute *discipline technique* parmi les opératrices..., la science rudimentaire des ingénieurs sur tous les problèmes téléphoniques, et ce fait surprenant que les abonnés ont le droit de choisir leurs propres appareils. Les ingénieurs n'ont aucune expérience spéciale du téléphone, ne semblent pas se douter des conditions d'un service téléphonique normal ; ils ne paraissent pas avoir été préparés pour ce service, n'en ont aucune connaissance véritablement technique et ignorent les règles qui doivent présider à la conduite commerciale de cette industrie. » *Journal officiel*, *loc. cit.*, *documents apportés au cours de la discussion*, *p. 2112*, *colonne 2*.

Digitized by Google

Mac Dougal, de Bradley et Lovejoy, de Kowalski et Moscicki (1898), et de Birkeland et Eyde, qui ont d'ailleurs subi de nombreuses modifications et pour la réalisation desquels ont été proposées de multiples formes de fours.

Le système Birkeland-Eyde paraît le plus avancé de ces procédés; il est exploité sur une grande échelle à Notodden, en Norvège, où l'on utilise à cette fabrication 2.100 chevaux[1]. La production annuelle est de 1.000 tonnes (de soude, de salpêtre et d'azotate de calcium); elle pourra atteindre 20.000 tonnes quand la centrale de Tinfos sera achevée, et deviendra beaucoup plus considérable encore après l'achèvement d'une centrale de 220.000 chevaux qui est actuellement en construction; à Notodden, on travaille à présent avec trois fours triphasés[2], dont le rendement était indiqué, en 1904, au Congrès de Saint-Louis, comme atteignant 500-600 kilogs d'acide nitrique anhydre par kwh., ce qui correspond, au prix de 1 centime par kwh., à un coût de 182 fr. 50 la tonne[3].

La seconde catégorie des procédés est celle où il est fait usage de l'effluve (procédé Siemens-Halske, procédé Berthelot).

Dans la troisième se rangent les méthodes où l'azote est dissous dans un électrolyte, où l'on électrolyse les nitrates fondus (procédé Darling), ou l'ammoniaque (Traube et Biltz), ou l'air liquide (Helbig).

La plupart de ces méthodes ont été abandonnées et il n'y a guère, parmi elles, que celle de Birkeland et Eyde qui ait acquis un développement notable.

II

Mais, au lieu de fixer l'azote atmosphérique sous forme de nitrate, on peut aussi l'immobiliser à l'état de cyanamide en le faisant absorber par les carbures à haute température.

Le procédé le plus important de ce genre est celui de Frank et Caro, où l'on opère avec du carbure de calcium et qui donne de la cyanamide de calcium (*Kalkstickstoff* des chimistes allemands).

La cyanamide de calcium est un composé du groupe des cyanures; elle serait cyanure proprement dit [Ca (CAz)^2], n'était le dégagement d'un atome de carbone qui reste à l'état de graphite. Ce graphite rentre, d'ailleurs, en combinaison quand on fond la cyanamide avec du carbonate de sodium.

La fabrication électrique de la cyanamide a été indiquée par Frank et Caro dès 1895; ce n'est toutefois qu'en ces dernières années que les procédés de ces inventeurs sont entrés dans la voie pratique.

En 1894, la fabrication pratique du carbure de calcium dans le four électrique, réalisée par Wilson et Moissan, fournit au Professeur Frank et au Dr Caro le corps idéal nécessaire pour fixer l'azote atmosphérique, au lieu du corps métallique, le baryum, qu'ils avaient jusqu'alors employé dans leurs recherches d'une méthode commerciale pour la production du cyanure de potassium destiné à l'extraction de l'or.

C'est à la suite de ces recherches et de cette découverte que se fonda la *Cyanid Gesellschaft*, qui a fourni des quantités considérables de cyanures aux exploitations aurifères de l'Afrique du Sud, de l'Australie et des Etats-Unis.

Les inventeurs furent presque en même temps conduits à la fabrication de la cyanamide de calcium, qui peut être produite en quantités illimitées partout où de la chaux, de la houille et de l'air sont disponibles.

D'après M. J. B. Kershaw[1] et conformément à une description donnée par M. Frank à la *Faraday Society*[2], le procédé Frank-Caro, tel qu'il est appliqué aux usines de Piano d'Orta, en Italie, consiste à faire passer de l'azote dans des cornues fermées contenant du carbure de calcium pulvérisé et chauffé à une température d'environ 1.000° C.

La réaction entre le carbure et l'azote est exothermique. Elle libère du carbone sous forme de graphite, lequel reste dans la masse, qui est ainsi de coloration foncée. Elle est représentée par la formule :

$$CaC^2 + 2\,Az^2 = CaCAz^2 + C.$$

Le carbure de calcium nécessaire pour l'opération peut être produit de la façon habituelle dans des fours à résistance, c'est-à-dire en chauffant à 2.500° de la chaux et du coke. A Piano d'Orta, on ne le fabrique pas toutefois à l'usine même; on l'achète à des fabriques voisines.

En principe, le four se compose d'une cornue cylindrique de fer pourvue de couvercles à chaque extrémité et placée horizontalement dans un massif de maçonnerie; le chauffage se fait à l'aide d'un foyer ordinaire ou électriquement[3].

Le carbure est d'abord finement broyé dans des moulins à l'abri de l'air, puis il est chargé dans des cornues qui sont maintenues pleines d'azote et

[1] J. B. C. Kershaw. *Electrician*, 24 janvier 1908; *Electrical Review* (New-York), 15 février 1908.

[2] Rapport du Consul des Etats-Unis à Christiania, pour 1907; *Electrician*, 7 février 1908 Voir aussi *Royal Institution*, London, 1906; *Electrical Review* (N.-Y.), 12 octobre 1907.

[3] *Elect. Review*, 24 mars 1906.

[1] *Electrician*, 24 janvier 1908.

[2] *Electrician*, 10 juillet 1908, 14 août 1908; *Electrical World*, 9 mai 1908; *Western Electrician*, 1er juillet 1908.

[3] La *Revue* a déjà publié le schéma de ces fours, dans son numéro du 30 mars 1907, p. 220.

Digitized by Google

chauffées pendant plusieurs heures à une température de 800 à 1.000°C.

Pendant tout ce temps, on fait passer dans la cornue, sous pression, de l'azote, dont l'absorption commence dès le début, avec une forte augmentation de température. Quand l'azote cesse de se combiner, on vide la cornue et on laisse refroidir dans une atmosphère inerte.

En somme, comme le fait remarquer M. Kershaw, il y a beaucoup d'analogie entre cette fabrication et celle du gaz d'éclairage (avec cette différence toutefois que, dans celle-ci, il y a production de gaz, et dans celle-là absorption), et les accessoires de l'une conviendraient pour l'autre, ce qui n'est pas sans constituer un grand avantage, avantage dont il faudra d'ailleurs, vraisemblablement, tirer parti au plus tôt si l'on veut rendre le procédé industriel.

L'azote nécessaire est pris, soit dans l'air, en faisant passer celui-ci sur du cuivre chauffé au rouge dans des cornues cylindriques, suivant les méthodes ordinaires, soit par le procédé Linde (distillation fractionnée de l'air liquide), qui a été le système reconnu préférable à Piano d'Orta, parce que, comprimé et enfermé dans des cylindres d'acier, le gaz oxygène qu'il donne comme sous-produit peut être vendu avec bénéfice. Dans ce procédé, l'air desséché est comprimé, et en même temps refroidi à — 194°C.; il se liquéfie; il est ensuite soumis à des distillations successives au moyen d'appareils tels qu'on en emploie couramment dans la distillation de l'alcool et il est décomposé en ses éléments constitutifs.

Finement broyée, la matière provenant des fours se présente sous la forme de poudre noire et dense; elle contient de 55 à 57 °/₀, d'après Kershaw, 57 à 63 °/₀, d'après le professeur Frank, de cyanamide pure, ce qui correspond à 19 à 21 °/₀ d'azote (20 à 22 °/₀ d'après le professeur Frank); sa teneur en azote est donc approximativement celle du sulfate d'ammonium.

Il s'y trouve toujours, inévitablement, du carbure de calcium non modifié et qui, entrant en combinaison avec l'humidité de l'air, donne lieu à un dégagement d'acétylène accompagné de l'odeur caractéristique de ce gaz. De la chaux y existe également, laquelle absorbe l'acide carbonique de l'air. La teneur des matières étrangères est de : 20 °/₀ de chaux vive, 14 °/₀ de charbon, 7-8 °/₀ d'oxyde de fer, alumine, etc.

III

L'usine de Piano d'Orta, dans les Abruzzes, est en service depuis 1905; son équipement actuel se compose de six fours, contenant chacun cinq cornues. Chacune des cornues est à même de transformer journellement, par vingt-quatre heures, trois charges de 100 kilogs de carbure de calcium, la production correspondante étant de 125 kilogs par charge. L'usine consommerait donc annuellement 3.000 tonnes de carbure et la quantité de produit fabriqué serait de 3.750 tonnes.

Elle est dirigée par la *Società Italiana per la fabbricazione di Prodotti Azotati* et se trouve sous la dépendance de la Société générale pour la cyanamide, à Rome, qui exploite les procédés Frank-Caro et qui a formé des filiales dans la plupart des pays européens et en Amérique.

Des usines sont, paraît-il, en construction à Fiume et à Sebenico, sur l'Adriatique; en France, à Notre-Dame-de-Briançon (Société française des produits azotés); en Suisse, à Martigny; à Odde, sur le Fjord Haardang, en Norvège (*North Western Cyanamide Company*, Angleterre et Pays scandinaves); à Tutsberg, sur l'Aly, dans la Bavière méridionale (*Cyanid-Gesellschaft*); à Bromberg-Posen (*Olddeutsche Kalkstickstoffwerke und Chemische Fabriken*), à proximité de la fabrique de carbure de la *Brandenburgische Carbidwerk*; et à Muscle Shoals, dans l'Alabama septentrional (*American Cyanamide Co*).

Une Compagnie vient d'être formée, sous le nom de *Stickstoffwerke Gt*, par la *Cyanid Gt* et la *Società Generale per la Cyanamide* de Rome pour la construction d'une usine à Spandau.

De plus, d'après une communication du Dr A. Frank à la *Faraday Society*, l'usine de Piano d'Orta serait actuellement en voie d'extension pour produire 10.000 tonnes.

Une usine est en construction à Saint-Marcel (Val d'Aoste), pour une capacité de 4.000 tonnes, et prochainement la fabrique de carbure de Terni pourra produire 10.000 tonnes de cyanamide.

Les usines de Sebenico et de Fiume auront des capacités de 4.000 tonnes. A Almissa, on prévoit l'utilisation d'une force de 50.000 chevaux. Les usines d'Odde, de Tutsberg et de Bromberg seraient projetées pour des capacités de 12.000, 15.000 et 20.000 chevaux.

A en juger par ces exemples, la méthode serait donc bien soutenue et aurait acquis, du côté des capitalistes, un appui qui permet de prévoir de grands développements.

On compte que l'usine d'Odde entrera en fonctionnement cette année, et que la cyanamide pourra être vendue à un prix inférieur de 12 fr. 50 par tonne à celui du sulfate d'ammonium pour une même quantité d'azote contenue (soit une réduction de 4 °/₀ environ).

D'après le Dr Erlwein, la tonne d'azote sous forme de cyanamide par le procédé Frank-Caro pourrait être obtenue à raison de 2 kw-an.

A Piano d'Orta, la dépense pour la production

Digitized by Google

de l'azote en partant de l'air liquide serait de 0 fr. 0375 à 0 fr. 0625 par mètre cube. Le courant coûte à cette usine 0 fr. 025 à 0 fr. 375 au kw-heure.

Les promoteurs s'efforcent pour le moment de faire entreprendre des essais de leurs fabrications sur une grande échelle, et ils s'arrangent pour fournir le produit à un prix légèrement moindre que le nitrate et le sulfate.

IV

Depuis cinq ans, différentes expériences ont été faites en Allemagne, en Italie, en Grande-Bretagne, en France, en Scandinavie et aux États-Unis sur l'efficacité du nouvel engrais.

A part quelques échecs, les résultats ont généralement été comparables à ceux qu'on a obtenus avec le sulfate d'ammonium et le nitrate de soude. Les engrais nitrés artificiels ont d'ailleurs l'avantage d'être alcalins, tandis que les azotates naturels sont acides [1].

Certaines précautions sont toutefois indispensables pour que l'assimilation de l'engrais par la plante ait lieu dans de bonnes conditions.

L'engrais doit être réparti très uniformément et pas trop superficiellement; il faut éviter soigneusement, comme avec les autres engrais d'ailleurs, toute accumulation de la matière; particulièrement dans les sols légers, il est indispensable que l'engrais soit bien recouvert pour éviter les pertes d'ammoniaque.

La quantité d'engrais à donner par unité de surface dépend de la nature de la plante cultivée, de la constitution du sol, etc. Les meilleurs résultats ont été obtenus en employant 280-500 grammes d'engrais par are.

Il convient encore de ne pas perdre de vue que, si l'on mélange des superphosphates à la cyanamide, il se produit, entre l'acide phosphorique libre et la chaux, une réaction fortement exothermique.

A l'heure présente, l'engrais Frank-Caro est surtout consommé dans les Balkans, la Hongrie et la côte méditerranéenne de l'Afrique.

L'absorption de la cyanamide par la plante n'est pas directe; la matière doit être transformée en ammoniaque par l'action d'une bactérie. Ce phénomène a été étudié par Lohnis : les bactéries les plus favorables à la transformation sont fréquentes dans le sol et la rapidité de la décomposition est suffisante dans la plupart des terrains.

On a reproché à la cyanamide de ne pas se conserver suffisamment, ce qui impose de faire usage du produit dans le plus bref délai possible après la production. Cette déperdition ne serait toutefois qu'apparente et due, d'après le Dr Riecke, à l'absorption de l'humidité et de l'anhydride carbonique, ce qui produit une augmentation de poids, mais non une perte d'azote. La cyanamide proprement dite est stable.

Il n'en est pas tout à fait de même de certains produits plus ou moins similaires, notamment de l'*azote-chaux*, dont le mode de fabrication est indiqué ci-après.

V

Un perfectionnement a été apporté par Frank à son procédé original dans le but de permettre d'employer, au lieu de carbure de calcium, de la chaux et du coke comme matières brutes, la réaction étant alors :

$$CaO + 2C + 2Az = CaCAz^2 + CO.$$

Le four proposé pour ce procédé consiste en une chambre en briques de 6 mètres de longueur, 3 mètres de hauteur et 3 mètres de largeur, contenant une chambre intérieure à parois percées de trous et complètement remplie de chaux et de coke concassé en proportions convenables.

Le mélange est chauffé au moyen d'électrodes de charbon et par le passage du courant dans un noyau de coke finement concassé et placé au centre de la masse. Autour de la chambre, on fait arriver de l'azote sous pression. L'oxyde de carbone résultant de la réaction s'échappe par une conduite dont est munie la chambre intérieure.

Quoique réalisable, cette méthode n'a pas été jugée devoir être adoptée à l'usine italienne, le carbure pouvant être obtenu à des prix très abordables, grâce à la proximité de grandes fabriques.

De l'aveu de M. Frank, la méthode n'a pas d'ailleurs jusqu'ici donné de bons résultats [1].

D'autres modifications préconisées ont pour but de diminuer la température à laquelle se forme la combinaison de l'azote avec la chaux dans les cornues.

Polzeniusz a proposé d'employer du chlorure de calcium en place de carbure; un mélange de 23 °/₀ de chlorure de calcium avec 77 °/₀ de carbure absorbe l'azote à une température de 700° C., ce qui réduirait considérablement le prix de la fabrication. Mais le chlorure de calcium a un grand inconvénient : les parties non altérées qui restent dans le produit rendent celui-ci très hygroscopique, et empêchent absolument de le conserver, sinon renfermé dans des boîtes hermétiquement closes.

Néanmoins, l'artifice en question a été essayé par la *Gesellschaft für Stickstoffdungen*, à son usine de Westregeln; les produits fabriqués par

[1] H. Cottrell : *Faraday Society*, 1908.

[1] *Faraday Society*, 1908.

Digitized by Google

cette usine sont mis en vente sous le nom d'*azote-chaux*, déjà cité, par opposition à la chaux-azote des usines italiennes.

L'azote-chaux ne contiendrait que 18,55 °/₀ d'azote et 5,81 °/₀ de chlorure[1].

D'après Hendrick, l'usine de Westregeln aurait une capacité de 5.000 tonnes par an.

Carlson a aussi indiqué l'usage du fluorure de calcium; additionné au carbure, le fluorure possède, comme le chlorure, la propriété d'abandonner plus facilement son calcium, sans rendre le produit hygroscopique; malheureusement, il coûte assez cher.

L'avenir de ces modifications dépendra, en conséquence, du coût relatif, là où seraient établies les usines, du charbon, du fluorure et de l'électricité produite par les forces hydrauliques.

En tel endroit, il y aura avantage à ajouter du fluorure de calcium, pour économiser du combustible; dans d'autres, mieux vaudra brûler ou user plus de courant plutôt que de travailler par le procédé perfectionné.

Pour produire de quoi remplacer le nitrate du Chili, il faudrait 800.000 chevaux.

H. Marchand,
Electricien-chimiste.

REVUE ANNUELLE D'ANATOMIE

I. — Les Techniques.

§ 1. — L'ultra-microscope.

La nature même et les propriétés des rayons lumineux imposent à la puissance du microscope une limite qui, au point de vue pratique, est à peu près atteinte aujourd'hui avec les objectifs à immersion homogène les plus parfaits. L'emploi de la lumière ultra-violette, combinée avec la microphotographie, permettra seulement, semble-t-il, de voir des objets environ deux fois plus petits. L'ultra-microscope, imaginé par Siedentopf et Zsigmondy, réalisé en France sous une forme un peu différente par Cotton et Mouton, est venu heureusement abattre la barrière que semblait élever la limite de visibilité[2]. Grâce à lui, nous pourrons, sans en connaître il est vrai la forme et les détails, voir des objets que leur petitesse met bien au delà de cette limite, des objets ultra-microscopiques, dont les dimensions ne s'évaluent plus en μ ou millièmes de millimètre, mais en μμ ou millionièmes de millimètre. MM. Cotton et Mouton[3] ont fait connaître cet instrument et les services qu'il peut rendre et qu'il a déjà rendus. Rappelons-en seulement le principe. C'est un microscope ordinaire, mais dans lequel, au lieu de regarder l'objet par transparence, on l'observe sur fond noir en l'illuminant au moyen d'un éclairage latéral très intense. Un objet trop petit pour être vu, mais ainsi éclairé, ou lumineux par lui-même, produira une petite tache de diffraction éclairée sur notre rétine, nous paraîtra comme un point plus ou moins brillant, et, sans que nous puissions juger directement de sa forme ou de ses dimensions exactes, nous permettra d'affirmer son existence. C'est pour la même raison que nous apercevons à l'œil nu certaines étoiles dont le diamètre apparent est pourtant inférieur au pouvoir séparateur de bons télescopes, et qui passeraient, par conséquent, inaperçues si elles n'étaient très brillantes.

Grâce à l'ultra-microscope, on a pu se convaincre que la structure des liquides colloïdaux est bien réellement hétérogène, comme l'admettaient déjà divers physiciens : la plupart d'entre ces liquides sont, en effet, résolubles par cet instrument en de nombreux granules flottant dans un liquide intermédiaire, et agités de vifs mouvements browniens. Les auteurs ont pu étudier diverses propriétés de ces colloïdes : transport électrique, coagulation, etc. C'est déjà d'un haut intérêt pour le biologiste, puisque la plupart des liquides ou des demi-solides organiques sont de nature colloïdale. Mais ce qui nous intéresse surtout ici, ce sont précisément les applications de l'ultra-microscope à l'histologie. Elles sont encore peu nombreuses et entourées de bien des difficultés. Quelques exemples montreront le parti qu'on en pourra tirer. Davis trouve des cils vibratils excessivement fins, et trop peu réfringents pour être vus autrement, dans le liquide cérébro-spinal puisé dans les cavités ventriculaires, alors qu'ils font défaut dans le liquide des espaces subduraux. Le même auteur[4] suit les mouvements des

[1] J. B. C. Kershaw : *Electrician*, 24 janvier 1908.

[2] Les divers constructeurs de microscopes ont imaginé depuis des dispositifs simples, réduits à un condensateur spécial, et rendant les mêmes services. Rappelons que, dès 1855 environ, M. Nachet construisait, sous le nom d'« éclairage à fond noir », un condensateur analogue, qui représente en somme le premier ultra-microscope.

[3] Cotton et Mouton : *Les ultramicroscopes et les objets ultramicroscopiques*. Paris, Masson, 1906.

[4] Toujours d'après Cotton et Mouton.

Digitized by Google

granulations des leucocytes en train d'émettre des pseudopodes. Cotton et Mouton eux-mêmes découvrent le microbe ultra-microscopique de la péripneumonie des Bovidés, dont l'existence n'était admise qu'en se basant sur la persistance de la virulence du liquide filtré sur bougie, et la possibilité d'en faire des cultures. Ils font prévoir que les microbes de la peste bovine, de la rage, de la vaccine, doivent appartenir à la même catégorie d'objets ultra-microscopiques, et seront bientôt mis en évidence.

Mais c'est surtout dans l'étude de la cellule, et particulièrement de la cellule vivante, qu'ils nous font entrevoir des progrès. Déjà ils ont montré que l'éclairage appliqué d'après leur procédé décèle les plus fines inégalités des surfaces examinées. Déjà Gaidukow avait pu étudier les Oscillariées, les mouvements du protoplasme dans les poils staminaux des *Tradescantia*, dans les myxamibes du *Chondrioderma*, si étalés en surface quelquefois, et si minces qu'on ne peut les voir vivants avec un autre éclairage.

Dans un nouveau travail, paru depuis la publication du livre de Cotton et Mouton, Gaidukow[1] étend ces recherches, étudie les Spirogyres, d'autres algues microscopiques, des coupes végétales minces, et arrive à des conclusions d'ensemble. Il identifie les particules ultra-microscopiques des colloïdes aux micelles de Nägeli. Conformément aux vues théoriques de ce dernier, il voit les grains d'amidon constitués de rangées plus ou moins concentriques de micelles; les membranes de cellulose sont formées des mêmes rangées, entre lesquelles se trouvent des espaces optiquement vides. Le protoplasme vivant se comporterait pour lui comme un complexe d'hydrosols (solutions colloïdales). Même dans les forts courants protoplasmiques, les mouvements propres de ses granules ou micelles resteraient identiques aux mouvements browniens des hydrosols métalliques (or, argent colloïdal). Le protoplasme est protégé contre la coagulation et la dissolution par la couche limitante (*Plasmahaut*), qui se comporte ici comme un gel, ou colloïde à l'état précipité, solidifié. La mort du protoplasme aurait beaucoup de ressemblance avec le changement d'un hydrosol en hydrogel, c'est-à-dire que les deux phénomènes seraient caractérisés par arrêt du mouvement brownien des micelles et coagulation.

Mayer et Schæffer[2] donnent une note un peu différente. Ils considèrent, au contraire, la plupart des protoplasmes comme des hydrogels, très fluides il est vrai. Entre les granulations visibles au microscope ordinaire, le protoplasme examiné à l'ultra-microscope est optiquement homogène, c'est-à-dire qu'il apparaît comme un gel, à granulations micellaires non distinctes du milieu, parce qu'elles sont excessivement fines et très serrées, séparées par très peu de liquide intermicellaire (comme tous les colloïdes très visqueux, très transparents, et filtrant difficilement: gels et gelées vraies). Alcalin comme tous les gels, il montre comme eux, en s'acidifiant, des grains d'abord ultra-microscopiques, puis microscopiques. Les fixants agissent de même. Ajoutons que, pour les auteurs, la plupart des liquides de l'organisme sont eux-mêmes des hydrogels.

Fauré-Fremiet[1] s'est également servi de l'ultra-microscope pour étudier les Protozoaires. Il nous montre de même leur cytoplasme comme un colloïde homogène, également et très légèrement illuminé, donc constitué par des granules de dimensions extrêmement petites (sarcode de Dujardin). On y voit flotter, en outre, les sphérules protéiques de Kunstler, ou *sphéroplastes* de l'auteur, qu'il assimile aux mitochondries. Elles apparaissent sous forme de petites taches claires de 1 μ environ. Elles constituent notamment la paroi du réservoir de la vésicule excrétrice des Vorticellines, où, chez quelques espèces, elles sont plus denses et plus fortement illuminées. Fauré-Fremiet insiste sur ce point que l'ultra-microscope ne montre pas ici d'autres éléments que ceux qu'on voit déjà par transparence chez le vivant, mais il les montre sous un aspect différent, qui, dépendant de leur constitution particulière, peut nous renseigner sur leur structure réelle, homogène ou granuleuse, etc.

On voit que, dans le cas particulier, presque tous les auteurs sont d'accord, en ce qui concerne la structure fondamentale du protoplasme, pour la considérer comme très simple et non différente de celle des colloïdes en général. C'est la conclusion à laquelle arrivaient, d'autre part, Hoffmeister (1899), Mann (1906)[2]. D'après eux, le protoplasme est un complexe d'albuminoïdes, de lipoïdes, etc., à l'état de solutions colloïdales, et devant seulement posséder comme tel une structure ultra-microscopique. Mais les réactions qui s'y effectuent sans cesse peuvent transformer certains sols en gels, et créer ainsi des structures. D'autres, plus complexes, sont évidemment dues à des différenciations fonctionnelles, et aussi variées que les fonctions auxquelles elles correspondent. La *micelle* de Nägeli, admise encore par Schneider[3] sous le nom de *tagme*, prend de plus en plus d'importance dans ces nouvelles conceptions, et semble devenir,

[1] Gaidukow : *Physic. Gesellsch. zu Berlin*, 10 mai 1907.
[2] Mayer et Schæffer : *C. R. Soc. Biol.*, 11 avril 1908.

[1] Fauré-Frémiet : *C. R. Soc. Biol.*, 4 avril 1908.
[2] Mann : *Protoplasme...* Oxford, 1906.
[3] Schneider : *Arb. Anat Zool. Institut*, Wien, 1905.

Digitized by Google

souvent au moins, quelque chose de bien réel et de tangible.

Nous pourrions citer une foule de services rendus par l'ultra-microscope dans des recherches plus spéciales. C'est ainsi que Posner[1] a pu étudier la structure du spermatozoïde et les gouttelettes de lécithine de la sécrétion prostatique; il a pu établir que celles-ci se trouvent à l'intérieur même des cellules et constituent leur produit d'élaboration le plus important. C'est ainsi que Reicher[2] a pu suivre facilement les variations de nombre des hématoconies du sang (particules ultra-microscopiques de nature généralement graisseuse), et montrer leur absence dans certaines affections, leur présence chez le chien anasthésié... C'est ainsi, enfin, que Mayer, Rathery et Mlle Chevroton[3] ont pu étudier facilement et sans autre technique les coupes du rein obtenues par congélation. Comme le montre ce dernier exemple surtout, et comme le fait observer Posner, le nouvel instrument permet ainsi de voir bien des détails simplement microscopiques, mais sur la cellule fraîche, et sans nécessiter l'intervention des colorants. La microphotographie aux rayons ultra-violets rend des services du même genre.

§ 2. — Instantanés microphotographiques et microphotographie en couleurs.

Marey et Weiss avaient déjà obtenu quelques instantanés en photographie microscopique; mais c'est chose difficile, vu l'échauffement considérable causé par une lumière un peu vive, qui tue très rapidement les organismes vivants; et les auteurs n'avaient pu arriver à leur but qu'en éclairant de façon intermittente, pendant des temps très courts et généralement inférieurs à 1/1000 de seconde. En perfectionnant cette méthode, et avec les plaques plus sensibles qu'on possède aujourd'hui, François-Franck[4] a pu obtenir des instantanés de 1/100 à 1/800 de seconde, par la combinaison du microscope et du cinématographe. Une simple cuve à courant d'eau froide lui permet d'éviter l'échauffement pendant un temps suffisant.

Le même auteur[5] a pu, avec les nouvelles plaques Lumière, obtenir des clichés microphotographiques en couleur de toute beauté, et qui peuvent servir directement pour la projection (sang, coupes d'intestin, du rein, d'alevin de truite, etc., traitées par divers colorants histologiques). Ces méthodes pourront donc entrer, dès à présent, dans la pratique courante, où elles rendront de grands services.

Benda[1] insiste, d'autre part, sur l'avantage qu'offre la dernière pour la reproduction et la projection des préparations à colorations électives multiples, si employées aujourd'hui. Il présente une série de clichés polychromes de sang, de moelle des os, de trypanosomes, de parasites de la malaria, de spirochètes, et aussi des photographies macroscopiques de cerveau. Regaud[2] fait des présentations analogues d'ovaire, de corps jaune, de développement des os, etc...

§ 3. — Imprégnation électrolytique.

Depuis quelques années, plusieurs auteurs ont fait d'intéressantes expériences sur l'introduction de substances chimiques dans l'organisme par le courant galvanique, et la thérapeutique a déjà bénéficié, dans une certaine mesure, de ces essais. Salaghi[3] les étend à la technique histologique. Il a cherché, en faisant passer le courant à travers des fragments de tissus récemment enlevés à un animal vivant, « à y arrêter en partie les ions qui les parcourent en sens inverse », et à en saturer les tissus, ce qui s'obtient quand ces ions donnent naissance, sur leur parcours, à des composés insolubles. Et l'auteur applique ceci d'une façon assez heureuse à l'*imprégnation* des nerfs par le nitrate d'argent. Soit une série de quatre vases : dans les deux extrêmes plongent les électrodes en platine, en une solution d'azotate d'argent à l'anode, d'hyposulfite de soude à la cathode. Les deux vases intermédiaires reçoivent une solution d'azotate de soude; ils sont réunis entre eux par un tronçon de nerf sciatique du chien, et communiquent avec les vases extrêmes par de simples mèches mouillées. Au bout de quelques heures, l'imprégnation envahit toute la moitié du nerf située du côté de l'anode (+), tandis qu'en l'absence de courant les résultats sont presque nuls. Le tissu conjonctif est respecté; le précipité ne se forme que dans les fibres nerveuses, sans intéresser le cylindre-axe, et sans provoquer aucune altération de structure. Cet essai est encourageant et permet d'espérer un bel avenir pour la méthode d'imprégnation [et même de fixation et de coloration] des tissus par la voie électrolytique.

§ 4. — Colorations rationnelles.

La plupart des méthodes de *coloration* histologique sont purement empiriques; aussi l'on est agréablement surpris de rencontrer un auteur qui

[1] Posner : *Soc. Méd. Berlin*, et *Semaine médicale*, juillet 1908.
[2] Reicher : *Soc. allem. de méd. int.*, et *Semaine médicale*, juillet 1908.
[3] Chevroton, Mayer et Rathery : *Soc. de Biol.*, 1908, p. 182.
[4] François Franck : *C. R. Soc. Biol.*, 1907, p. 637.
[5] François-Franck : *C. R. Soc. Biol.*, 1907, p. 1099.

[1] Benda : *Soc. de Méd. de Berlin*, 1908.
[2] Regaud : *Assoc. des Anatomistes*, Marseille, 1908.
[3] Salaghi : *Archives italiennes de Biologie*, t. XLIII, 1905, p. 35

Digitized by Google

cherche et réussit à établir des lois en cette matière. C'est à ce titre que nous signalerons ici le travail de Curtis[1]. En cherchant les raisons de l'élection de la méthode de Van Gieson-Hansen (picro-fuchsine) sur la fibre conjonctive, il a découvert que tous les dérivés sulfonés du triphénylméthane, qui contiennent au moins trois sulfo-groupes placés d'une certaine façon, ont une affinité marquée pour la substance collagène, et que cette élection est généralement d'autant plus vive que le degré de sulfonation est plus grand. Il a pu étendre la même loi aux colorants azoïques et polyazoïques, et découvrir ainsi, d'après le seul aspect de leur formule, toute une série de corps ayant les mêmes propriétés. L'expérience a confirmé cette induction, et l'auteur a pu enrichir la technique de certains corps, tels que le Ponceau S extra, le Bleu diamine, le Noir napthol B, qui permettent d'obtenir des préparations très belles et très électives, mettant merveilleusement en relief la fibre conjonctive. Il suffit de se rappeler que cette fibre représente le principal élément de charpente des tissus et des organes pour comprendre l'importance de l'introduction raisonnée de ces colorants dans la technique histologique.

§ 5. — **Technique et théorie des nitratations.**

On sait que, quand on traite par le nitrate d'argent un épithélium, et plus particulièrement un endothélium, on obtient un fin précipité argentique dessinant les limites cellulaires, sous l'aspect d'un mince trait noir ou brun foncé. On a cru d'abord à la présence d'un ciment intercellulaire et à la réduction du sel d'argent par ce ciment. Actuellement, on admet plus volontiers la présence d'étroits espaces vides où l'argent se réduit en vertu d'actions électrolytiques capillaires. Mais Quinton[2] a prétendu récemment qu'il s'agit simplement d'un précipité de chlorure d'argent dû au chlorure de sodium dont serait imprégnée la substance intercellulaire contenue dans ces espaces. Achard et Aynaud[3] ont entrepris la vérification expérimentale de cette théorie et ont pu la confirmer. Quand ils déchlorurent les séreuses en substituant au plasma riche en chlorure un liquide qui en est dépourvu (sulfate de soude, ou sucre à $\Delta = 0^{\circ},56$), les sels d'argent n'y produisent plus d'effet. Si on rechlorure en plongeant dans la solution salée physiologique, les sels d'argent donnent de nouveau le dessin endothélial. Au chlorure de sodium on peut substituer ceux de potassium, de calcium, de magnésium, etc... D'où l'indication technique, si l'imprégnation se produit mal, de rechlorurer la membrane. Ce procédé a permis aux auteurs d'étudier les déformations produites sur les endothéliums par des agents physico-chimiques divers. D'une façon générale, on peut obtenir le dessin endothélial au moyen de tout liquide imbibant facilement les espaces intercellulaires et capable de précipiter par l'action d'un autre réactif : on peut, par exemple, imbiber de ferrocyanure de potassium et tremper dans le sulfate ferrique. La grande facilité de rechloruration, et, en général, d'imbibition des espaces intercellulaires montre leur grande activité osmotique.

§ 6. — **Examen microscopique des corps opaques.**

Il existe en micrographie divers procédés pour l'examen des corps opaques. Le Professeur Florence, avec l'aide de M. A. Nachet[1], vient d'appliquer l'un de ces procédés, modifié, à la recherche et à la photographie microscopique du sang sur les armes. Son dispositif a permis de retrouver des hématies nettes sur des lames d'acier où elles avaient complètement échappé aux experts. Il sera donc très précieux aux médecins légistes; mais il est susceptible d'autres applications. Il est essentiellement caractérisé par ce fait que l'objet à examiner est éclairé par un faisceau lumineux recueilli par un système de prismes internes et projeté à travers les lentilles mêmes de l'objectif.

II. — Cellules et tissus.

Les cellules rhagiocrines du tissu conjonctif.

Le Professeur Renaut vient de donner une excellente étude d'ensemble[2] des *cellules conjonctives rhagiocrines*, qui font, depuis plusieurs années déjà, l'objet de ses recherches. Sous le nom de *mode sécrétoire rhagiocrine* (de ῥαγιον, petit grain de raisin, grain enfermé dans une vésicule), il désigne le mode d'activité glandulaire en vertu duquel le protoplasme élabore des grains de sécrétion (ou plutôt *ségrégation*) albuminoïdes, qui, une fois individualisés, s'isolent du reste du corps cellulaire au sein d'une vacuole dans laquelle ils continuent à croître tout en mûrissant. Dès son individualisation, en effet, chaque grain sert de point d'appel et de concentration pour certains matériaux diffusibles, intussusceptés par le protoplasme, variablement modifiés par lui, qui viennent s'accumuler dans une vacuole sphérique : c'est aux dépens de ce liquide, sélectionné par la paroi vacuolaire, qu'aura lieu l'accroissement du grain. Ces vacuoles spé-

[1] Curtis : *Archives de Médecine expérim. et d'Anat. pathol.*, 1905, p. 603.
[2] Quinton : *L'Eau de mer milieu organique.* Paris, 1904.
[3] Achard et Aynaud : *Arch. de Méd. expérim.*, 1907. p. 437.

[1] Nachet : *C. R. de l'assoc. des Anatomistes*, Marseille, 1908.
[2] J. Renaut : Les cellules connectives rhagiocrines. *Archiv. d'Anat. microscopique*, t. IX, p. 495, octobre 1907.

Digitized by Google

ciales sont reconnaissables à ce que, sur le tissu encore vivant, elles concentrent le rouge neutre ajouté en faible quantité au liquide additionnel isotonique, et se détachent ainsi seules et électivement en rouge pourpre, le grain restant incolore[1]. D'après Renaut, les grains de la parotide, de la glande lacrymale, du pancréas... se comportent ainsi, à l'exclusion de ceux des leucocytes.

Mais ce mode sécrétoire ne se manifeste pas seulement dans les cellules des glandes; il peut exister aussi (et c'est le fait nouveau et très intéressant) jusque dans les cellules conjonctives. Non seulement il peut y exister, mais il y existe toujours à l'origine : *il caractérise la cellule connective jeune*, qu'elle appartienne à la variété diffuse ou aux variétés modelées du tissu (tendon, par exemple). L'activité glandulaire de la cellule conjonctive diminue avec l'âge; en effet, les cellules fixes à vacuoles colorables au rouge neutre deviennent de moins en moins abondantes et tendent à disparaître. Dans le tendon, on en trouve encore chez le jeune adulte; mais, quand ce tendon parachevé a cessé de croître et ne doit plus varier, elles disparaissent toutes; les cellules tendineuses cessent tout au moins d'élaborer une sécrétion visible. Renaut en conclut que l'activité rhagiocrine doit concourir, au moins indirectement, à l'élaboration de la substance précollagène, puis de la substance collagène qui constitue les fibres conjonctives, et qu'elle est utile ou indispensable à la nutrition de croissance de ces fibres. C'est là une conception toute nouvelle et éminemment suggestive de ce « tissu de soutien », qui peut paraître bien secondaire et inerte à un examen superficiel, mais qui se montre, au contraire, si vivant et si souple dans ses flexions morphologiques et physiologiques, quand on l'étudie d'un peu près.

Nous ne pouvons suivre ici le Professeur Renaut dans tous les développements qu'il donne à ses recherches et dans toutes les conséquences qu'il en tire; nous aurons probablement à y revenir un jour. Disons seulement qu'il a consacré plusieurs chapitres à l'étude du grand épiploon, où il est facile de suivre l'évolution de ses rhagiocrines. Il les a vues y pénétrer, d'abord migratiles et arrondies, puis s'y fixer soit à l'état isolé, soit en groupes de façon à constituer les taches laiteuses, s'y multiplier, former un réseau connectif, ou s'ajouter à un réseau préexistant. Mais d'où proviennent-elles dans ce cas? De la sérosité péritonéale, où on les les trouve en abondance. Elles s'y distinguent des leucocytes, avec lesquels on les a confondues, — par leurs vacuoles spécifiques, — par la constitution du noyau, — par la différenciation de leur protoplasme en deux zones concentriques, l'une interne, élaboratrice (trophoplasma), l'autre externe, très mobile et destinée à la motilité, à la formation de pseudopodes (kinoplasma), — enfin par l'existence de filaments composés de mitochondries (chondriomites), et dont l'ensemble forme autour du noyau ce que l'auteur a décrit, avec son élève Dubreuil, sous le nom de *périnème*. Les rhagiocrines arrondies et mobiles de la cavité péritonéale ne sont donc pas des leucocytes, mais les plus petites méritent le nom de lymphocytiformes, et doivent provenir de lymphocytes transformés.

[1] Grain et vacuole peuvent également être fixés et colorés par d'autres méthodes, et conservés en préparations persistantes.

III. — Les glandes. — Glandules parathyroïdes.

Les glandes (ou glandules) parathyroïdes représentent pour la science une acquisition relativement récente. En effet, si une partie d'entre elles[1] a été découverte et décrite sous ce nom dès 1880 par Sandström, le travail de l'anatomiste suédois était resté sans écho et même oublié, quand ces glandules furent retrouvées par Gley (1891), et dans des conditions qui en montraient l'extrême importance. On se rappelle, en effet, que l'ablation de la thyroïde donnait entre les mains des expérimentateurs des résultats très différents chez le chien, le chat, le singe, d'une part, où elle amenait rapidement la mort dans les convulsions, chez le lapin, d'autre part, où elle ne produisait qu'à la longue des accidents chroniques tout différents. C'est alors que Gley redécouvrit, à un demi-centimètre environ en arrière de la thyroïde, chez le lapin, une petite glandule paire : c'était la parathyroïde de Sandström. Quand on complétait l'ablation de la thyroïde par celle de cette glande, on voyait apparaître rapidement les mêmes accidents tétaniques mortels. Gley et Nicolas, Moussu, Vassale et Generali étudièrent plus en détail ces phénomènes; Nicolas découvrit un second groupe de glandules, internes, incluses le plus souvent dans le tissu thyroïdien lui-même; et l'on se rendit alors compte que l'apparition des accidents tétaniques est due à l'ablation des glandules seules; si l'éloignement de la thyroïde les amène chez le chien, le chat, c'est uniquement parce que toutes les glandules en question y adhèrent intimement chez ces animaux. L'importance considérable des parathyroïdes devenait alors évidente, et elles appelèrent de plus en plus l'attention des anatomistes. Les travaux récents d'Alquier[2], de

[1] C'était le plus souvent le groupe des parathyroïdes externes (corpuscules épithéliaux externes de Kohn), inférieures chez l'homme; le groupe des parathyroïdes internes (supérieures chez l'homme) n'a été découvert qu'en 1893 par Nicolas, et décrit peu après par Kohn sous le nom de corpuscules épithéliaux internes (*Epithelkörperchen*).

[2] Alquier : *Arch. de Méd. et d'Anat. pathol.*, t. IX, 1907, p. 195.

Digitized by Google

Swale Vincent et Jolly[1], d'Erdheim[2], de Getzowa[3], de Jouty[4], de Botcheff[5], d'Ivanoff[6], etc., sont venus apporter des documents nouveaux; enfin ceux de de Forsyth[7] et de Pepere[8] surtout nous permettent de nous faire une bonne idée de l'état actuel de la question. Forsyth a, en effet, examiné 42 espèces de Mammifères et 35 espèces d'Oiseaux; Pepere, sans négliger les animaux, s'est surtout attaché à l'homme, et a examiné un millier de cadavres; son livre donne un exposé très complet au triple point de vue anatomique, physiologique et pathologique. Essayons de résumer ces travaux.

1. *Développement.* — Rappelons d'abord que les données embryologiques principales ont été fournies par Prenant d'abord, et surtout par Verdun dans sa thèse (*Sciences*, Paris), en 1898. Cet auteur a montré que, d'une façon générale dans la série des Vertébrés, chacune des poches entodermiques branchiales a tendance à donner par sa région dorsale une ébauche thymique, par sa région ventrale ce que l'auteur appelle une *glandule branchiale*. Chez l'homme, la troisième et la quatrième fente branchiales seules portent de ces proliférations glandulaires métamériques: de la troisième se développe le thymus, et une glandule branchiale de chaque côté, qui correspond aux parathyroïdes externes des anatomistes; de la quatrième, une autre paire de glandules, correspondant aux parathyroïdes internes (supérieures chez l'homme). Quant à la thyroïde, Verdun a bien mis en évidence qu'elle doit uniquement son origine au bourgeon impair né du plancher de la bouche. Les diverticules dits thyroïdes latérales, et qui naissent non de la quatrième fente, mais un peu en arrière d'elle (représentant peut-être les vestiges d'une cinquième) vont s'accoler à l'ébauche impaire, y pénètrent même, mais ne donnent jamais de tissu thyroïdien et s'atrophient généralement. Verdun les appelle corps post-branchiaux. En ce qui concerne les parathyroïdes, ces données ont été confirmées par divers auteurs, notamment par Pepere, contre Schreiber et Benjamins, qui avaient cru voir un bourgeon unique. Au cours du développement ultérieur, les parathyroïdes internes suivent le corps post-branchial (fausse thyroïde latérale) et viennent avec lui s'accoler de chaque côté au corps thyroïde, auquel elles restent liées et dans lequel elles s'encastrent plus au moins; au contraire, les parathyroïdes externes restent en connexion avec la tête du bourgeon thymique et sont ainsi plus ou moins entraînées par le thymus dans sa descente. C'est ainsi que chez l'homme, nées au-dessus des internes, elles deviennent bientôt *inférieures* par rapport à elles, tandis qu'elles peuvent rester au même niveau ou même être un peu supérieures chez le chien. D'où l'indication d'employer plutôt les mots interne et externe pour désigner les deux groupes glandulaires, que les mots supérieur et inférieur. Il faut tout au moins bien spécifier que ceux-ci s'appliquent à l'homme[1].

Depuis longtemps, on a constaté que chacun des quatre bourgeons primitifs pouvait se dédoubler, et que le nombre des glandules pouvait ainsi varier du simple au double. Mais, récemment, Erdheim (1906) a fait une constatation plus importante encore : chez le rat, chez le lapin, chez le hérisson, il a trouvé constamment de petites parathyroïdes accessoires (une fois jusqu'à 33) éparses dans le thymus ou à sa surface. Pepere (1907-08), reprenant systématiquement ces recherches chez le lapin, a confirmé l'existence constante de tout un petit système parathyroïdien accessoire et surnuméraire dans le thymus. Il paraît provenir de la fragmentation d'un cordon épithélial simple ou double, selon les cas, cordon qu'on retrouve continu ou à peine fragmenté de place en place chez certains individus, dans les deux tiers de la longueur du thymus. Chez l'homme, l'auteur italien avait antérieurement, d'autre part, trouvé d'assez nombreux petits îlots de cellules parathyroïdiennes isolés sur l'adulte dans la graisse du cou. Reprenant ses recherches, il a pu se convaincre déjà que ces îlots sont surtout situés dans le corps adipeux rétrosternal de Waldeyer, qui représente les restes du thymus dégénéré, et que, chez l'enfant, on les trouve en quantité variable dans cet organe, parfois sous forme de cordons pleins, et accompagnés de formations tubuleuses et kystiques. Cela explique les « restes épithéliaux » signalés depuis longtemps dans le thymus, et cela donne, en outre, plus d'importance au système parathyroïdien, plus étendu qu'on ne le pensait, tout en fournissant l'explication de certains résultats expérimentaux. Il est évident que ce système accessoire dérive, comme le thymus, de la troisième poche branchiale,

[1] Swale Vincent and Jolly : *Journ. of Phys.*, vol. XXXIV, 1906.
[2] Erdheim : *Anatomischer Anzeiger*, 1906, t. XXIX, n° 23.
[3] Getzowa : *Virchow's Archiv*, mai 1907, t. CLXXXVIII, Hft. 2.
[4] Jouty : *Thèse méd.*, Lyon, 1903.
[5] Botcheff : *Thèse méd.*, Genève, 1903.
[6] Ivanoff : *Thèse méd.*, Genève, 1905.
[7] Forsyth : *Journ. of Anat. and Phys.*, t. XLII, janvier 1908, et *Quarterly Journ. of. Med.*, janvier 1908.
[8] Pepere : *Le ghiandole paratiroïdee*, Torino, 1906. — Voy. encore : *R. Acad. de Medic. di Torino*, 5 juillet 1907. — *Arch. de Méd. expérim.*, t. XIX, 1907, et janvier 1908.

[1] Notons encore que Pepere a retrouvé chez l'homme les vestiges de conduits parathyroïdes intra-glandulaires semblables au conduit thyréo-glosse, et jalonnant, comme lui, le trajet d'un ancien pédicule étiré et rompu au cours du développement.

Digitized by Google

mais nous ne savons encore rien de son point d'origine exact.

2. *Description chez l'adulte.* — Si nous passons de l'embryon à l'adulte, nous voyons que les parathyroïdes ont été retrouvées chez presque tous les animaux où on les a recherchées, et nous rappelons que Forsyth, notamment, a examiné 77 espèces de Mammifères et d'Oiseaux. Les rares exceptions doivent être dues à une observation incomplète ou à une fusion, car on trouve des différences à cet égard dans un même genre. Ainsi Forsyth n'a pu trouver de parathyroïdes *à l'état isolé* chez le *Viverra tangalunga*, alors qu'il en rencontre chez le *Viverra civetta*. Leur nombre varie de deux (c'est-à-dire une seule paire) chez beaucoup de Rongeurs (Rat, d'après Cristiani; Cobaye, d'après Kohn, Ivanoff; Mulot, d'après Ivanoff, etc.) à 6 chez le *Paradoxure* (Forsyth), 8 chez le *Cercopithecus callitrichus* (Forsyth), 10 chez le *Cynocteris collaris* (Forsyth). Mais, le plus souvent, il est de 4 glandules, réparties en deux paires, dont l'une est souvent indépendante de la thyroïde (groupe externe), tandis que l'autre est plus ou moins encastrée à sa superficie (groupe interne) ou même cachée dans son tissu.

C'est au nombre de 4 qu'on les trouve chez l'homme. Sur plusieurs centaines de cadavres, Pepere n'a rencontré que 10 cas où il en existait soit 3, soit 2 seulement. Plus souvent, il a observé des dédoublements, ou même une fragmentation en 3 lobules séparés, pouvant porter le nombre total jusqu'à 9. Déjà, sur 122 cadavres, Civalleri (1902) avait trouvé 24 fois les parathyroïdes inférieures dédoublées, et 7 fois des deux côtés; les parathyroïdes supérieures l'étaient 7 fois seulement, et d'un seul côté.

Tous les auteurs, d'ailleurs, ont insisté sur la grande diversité de nombre et de siège de ces organes, diversité qui en rend la recherche particulièrement ingrate dans les autopsies. Avec Vassale et Generali (1897-1899), Ganfini (1899), Civalleri, Pepere constate que le groupe interne ou supérieur a des rapports plus constants avec la thyroïde : chacune des glandules droite et gauche est située sur la face postérieure du lobe correspondant, généralement au tiers supérieur ou au tiers moyen; elle y est généralement accolée, ou unie à lui par un mince pédicule connectif (Civalleri)[1], mais elle y est assez rarement incrustée. Le groupe externe ou inférieur a une situation plus variable, selon que le thymus, à la tête duquel il reste longtemps adhérent, l'a entraîné plus ou moins loin dans sa descente. Il peut se retrouver jusqu'à 4 ou 5 centimètres plus bas que le bord inférieur de la thyroïde. Mais fréquemment il reste adhérent à ce bord, et logé même dans une dépression superficielle. Enfin, d'après Welsh, Civalleri, la parathyroïde supérieure a un rapport très important au point de vue chirurgical; elle est située au point où le nerf laryngé inférieur croise l'artère thyroïdienne inférieure, et dorsalement à l'artère, qui la fixe et lui fournit ses vaisseaux.

[1] Pédoncule nié pourtant par Pepere.

3. *Structure.* — On sait que la parathyroïde est essentiellement constituée par des cordons épithéliaux pleins, séparés par de nombreux capillaires sanguins (Sandström, Kohn), et Kohn y a distingué trois types : *compact*, *réticulé* et *lobulé*, selon la largeur et le mode d'arrangement de ces cordons. Tous les auteurs sont maintenant d'accord sur un point, c'est que ces trois types n'ont rien de spécifique, et peuvent se retrouver dans les différents points d'une même glande; leur présence est due à la plus ou moins grande abondance de vaisseaux, et surtout de tissu conjonctif, qui viennent remanier, recouper et lobuler l'amas épithélial primitif, d'abord compact chez l'embryon. A l'âge mûr, et surtout dans la vieillesse, le tissu adipeux y devient de plus en plus abondant, et opère par places une véritable dissociation par îlots des éléments actifs.

Mais l'étude histologique doit nous donner la solution d'un problème bien plus important. Au début, et encore après les premières expériences de Gley, on n'établit pas de distinction nette entre le tissu parathyroïdien et le tissu thyroïdien, entre les parathyroïdes et les thyroïdes accessoires, bourgeons aberrants de l'organe principal. On crut que les premières ne représentaient qu'un état embryonnaire des secondes, des sortes d'organes de réserve destinés à subir la transformation en véritable tissu thyroïdien si les circonstances l'exigeaient, s'il était fait appel à leur rôle vicariant par insuffisance de ce tissu. Plus tard, quand on se rendit mieux compte de l'importance fonctionnelle spécifique des parathyroïdes, Hofmeister (1894), Gley et Nicolas (1895), Jacoby (1896), Kohn (1895-1896), ont cru pouvoir affirmer que ces glandes ont une structure propre qu'elles conservent pendant toute la vie, sans se transformer en tissu thyroïdien. Depuis, ces deux courants se partagent les auteurs.

Les travaux récents viennent pour la plupart confirmer la seconde opinion, à laquelle sont acquis Alquier, Jouty, Hagenbach[1], Getzowa, Pepere, etc... Chez l'enfant, comme le montre particulièrement ce dernier, l'organe est compact, puis va se lobulant et se réticulant peu à peu. Il est

[1] Hagenbach : *Mitteil. aus dem Grenzgeb. der Med. und Chir.*, et *Sem. méd.*, 1908, p. 32.

Digitized by Google

constitué par un type cellulaire unique. Ce sont de petits éléments clairs, polyédriques par pression réciproque, serrés, un peu plus larges et disposés en palissade à la périphérie; à partir de la troisième année, on y trouve quelques gouttelettes graisseuses. Mais c'est vers l'âge adulte seulement que le tissu est le siège de véritables différenciations cytologiques. A cette époque, parmi les *cellules fondamentales*, on voit apparaître de place en place des éléments qui se chargent de petits blocs d'une substance opalescente, vitreuse, qui s'épaissit, devient plus réfringente, se teint vivement par les couleurs acides, l'éosine notamment. La cellule grossit jusqu'à doubler parfois de volume, finit par se teindre en masse, et mérite alors le nom de *cellule chromophile* (Vassale et Generali) ou *oxyphile* (Welsh).

Ces éléments sont d'abord isolés ou en petit groupe. Ils deviennent de plus en plus abondants avec l'âge, et sont au maximum dans la vieillesse. Ils constituent souvent des cordons entiers (uni ou pluristratifiés), ou des amas de cordons, avec capillaires plus nombreux et plus serrés. Assez souvent encore, ils se disposent circulairement autour d'une cavité dans laquelle on trouve un amas de substance également oxyphile, et ayant tous les autres caractères de la *substance colloïde*. Ces cavités ne seraient pas préformées, d'après Pepere, mais seraient dues simplement à l'accumulation de gouttelettes très petites, qu'on retrouve en deçà dans les interstices cellulaires; ce seraient de ces interstices agrandis, et par conséquent des sortes de petits follicules, analogues à ceux de la thyroïde. D'autre part, on trouve d'autres cavités folliculaires remplies de colloïde de place en place au milieu des cordons de cellules fondamentales. Pepere croit pouvoir conclure, de cette observation et de quelques autres, que les cellules fondamentales environnantes ont passé par le stade chromophile et ont complètement excrété le colloïde élaboré, qui n'a pas encore été repris par les vaisseaux. Pour lui, le transport se ferait par les capillaires sanguins, où il retrouve souvent des gouttelettes colloïdes. Pour Livini, Forsyth et d'autres auteurs, ce serait, au contraire, par les lymphatiques, pour Benjamins, par les deux sortes de vaisseaux. Pepere fait remarquer que les lymphatiques sont peu abondants et que, quand ils renferment un produit, c'est une substance non colloïde, ou pour le moins non exclusivement colloïde. D'après lui, ils recueilleraient plutôt une substance hyaline sécrétée par un troisième type de cellules assez rares, prismatiques, également dérivées des fondamentales, et ordonnées radiairement autour d'autres cavités folliculaires.

Le tissu parathyroïdien fabrique donc de la substance colloïde comme le thyroïdien; mais, d'après Pepere, cette sécrétion ne serait jamais mélangée de débris cellulaires, contrairement à ce qui arrive dans la thyroïde, par suite de dégénérescence en bloc des éléments; en un mot, ces derniers seraient ici exclusivement mérocrines. De plus, une petite partie du tissu seulement contient de ce colloïde; la masse est caractérisée non pas par des vésicules closes, mais par des cordons pleins, dont la majeure partie est formée de cellules fondamentales. Soulignons encore ce fait que, jusqu'à l'âge adulte chez l'homme (de même que chez certains animaux pendant toute la vie), les cellules fondamentales existent seules, ou à peu près, bien que l'ablation des parathyroïdes y produise en général les mêmes effets tétaniques foudroyants que chez l'adulte, c'est-à-dire bien que le tissu parathyroïdien ait déjà acquis une importance fonctionnelle spécifique considérable. Il ressort donc de tout ceci, et nous l'admettrons avec Pepere et ses prédécesseurs, que la parathyroïde a une structure propre, toute différente de celle de la thyroïde, et correspondant à une fonction propre. Pepere, comme beaucoup d'auteurs (Hagenbach notamment), n'a pu observer d'hypertrophie des glandules restantes ni de transformation en tissu thyroïdien quand on enlève la thyroïde; il considère la substance colloïde comme différente de celle de cette dernière glande. Nous croyons qu'on peut aller plus loin, et admettre que le colloïde n'est ici qu'un produit de sécrétion accessoire, ou une forme accessoire du produit principal, puisque ce dernier existe évidemment chez l'enfant, à une époque où l'on ne peut déceler d'amas colloïdes. Pepere avoue lui-même que, malgré leur aspect d'éléments au repos, les cellules fondamentales de l'enfant et de l'adulte doivent avoir une fonction sécrétoire propre dont nos réactifs n'ont pu encore mettre en relief le substratum anatomique.

Mais, au point de vue physiologique, et malgré certains cas douteux, où intervient probablement la suppléance par le groupe parathyroïde accessoire intra-thymique, cette fonction propre semble bien évidente, et, parmi les auteurs récents, Jouty, Hagenbach se sont particulièrement attachés de nouveau (après Hofmeister) à la différencier d'avec la fonction thyroïdienne. Tandis que l'ablation de la thyroïde produit les accidents trophiques et cachectiques lents du myxœdème, l'ablation des parathyroïdes seules est rapidement suivie d'accidents nerveux aigus, convulsifs ou tétaniques, qui amènent la mort en quelques jours. Comme Jeandelize, Jouty, etc..., Pepere croit que les lésions ou l'insuffisance spontanée des parathyroïdes ont un lien sinon constant, du moins assez fréquent, avec la pathogénie des accidents de l'éclampsie, des

Digitized by Google

convulsions des enfants, etc. Mais c'est encore un terrain peu exploré, bien que Pepere rapporte de nombreuses observations anatomo-pathologiques; elles montrent tout au moins que les parathyroïdes peuvent être le siège de lésions très diverses, au cours desquelles on a parfois observé des accidents nerveux du genre de ceux qu'a révélés l'expérience.

Ajoutons, pour terminer, que l'entente n'est pourtant pas faite au sujet de la spécificité du tissu parathyroïdien. Swale Vincent et Jolly (1906), Forsyth (1908) restent partisans de l'ancienne théorie : pour eux, thyroïde et parathyroïde ne sont que les deux parties d'un même appareil, et les parathyroïdes sont capables de suppléer la thyroïde enlevée, en se transformant en tissu thyroïdien. Les cellules intervésiculaires ou interstitielles de la thyroïde seraient identiques à celles de la parathyroïde (Sw. Vincent); Forsyth les appelle résolument cellules parathyroïdiennes; il admet la continuité des deux tissus, avec toute une série de formes intermédiaires. La parathyroïde interne, quand elle est incluse, serait fréquemment ainsi en continuité directe avec le tissu thyroïdien (Sw. Vincent). Ni l'une ni l'autre des deux glandes ne pourrait être considérée comme un organe absolument essentiel à la vie; des rats et des cobayes ne semblent pas avoir souffert des résultats de l'extirpation (Sw. Vincent). Les glandules thyroïdes accessoires augmenteraient de nombre avec l'âge, aux dépens des parathyroïdes qui décroîtraient (Forsyth). Plusieurs de ces assertions semblent très discutables en présence des faits que nous avons d'abord exposés[1]. Tout au plus peut-on conclure avec les auteurs anglais que l'inconstance de nombre et de situation des glandules dont il s'agit expose le physiologiste à de nombreuses erreurs. Mais il nous semble que les caractères des cellules parathyroïdiennes fondamentales sont trop peu nets pour qu'on puisse désigner sous le même nom les éléments de la thyroïde qui ne font pas partie du revêtement épithélial simple d'une vésicule close.

IV. — Organes de la locomotion. — Anatomie comparée du squelette.

Nous signalerons ici au passage un livre nouveau, qui vient compléter heureusement la cinquième édition du classique *Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques* de Chauveau, Arloing et Lesbre; c'est le *Manuel d'anatomie et de dissection du Cheval*, par Barrier et Petit, professeurs à l'École d'Alfort[1]. Il n'existait pas jusqu'ici pour les vétérinaires de manuel de l'amphithéâtre analogue à ceux qu'ont entre les mains les étudiants en médecine. Non seulement ce livre comblera la lacune, mais il sera précieux à tous les anatomistes. En effet, dans le premier fascicule, qui vient de paraître, et qui est exclusivement consacré à l'*Ostéologie*, nous trouvons toute l'anatomie du squelette, y compris les insertions musculaires, résumée en de clairs tableaux synoptiques, et surtout en un grand nombre d'excellentes figures d'après nature. La polychromie a été largement employée pour en rendre la lecture facile, en ce qui concerne notamment les os du crâne et les champs d'insertions musculaires un peu complexes.

V. — Organes de la digestion.

§ 1. — L'indépendance des deux lobes du foie.

On considérait, il y a peu de temps encore, le foie comme un bloc homogène, ne formant qu'un tout au point de vue circulatoire et au point de vue fonctionnel. Frantz Glénard, de 1890 à 1904, crut pouvoir montrer par l'examen clinique, dans toute une série d'états pathologiques, qu'il existe une évolution indépendante des processus morbides dans chaque lobe, et chercha à établir une loi des localisations lobaires pathologiques. Il en résultait qu'au point de vue anatomo-physiologique les différents lobes doivent également être indépendants. Avec Siraud, d'ailleurs, en 1895, Glénard avait montré directement cette indépendance, en pratiquant des injections aqueuses dans chacune des deux branches de bifurcation de la veine porte séparément, et en surveillant la distension et la turgescence des différents lobes. Il avait ainsi établi que la branche droite, courte et large, se distribue exclusivement au lobe droit, la gauche, plus longue et plus grêle, au lobe gauche et aux lobes carré et de Spiegel (lobe moyen).

Depuis lors, la théorie de l'indépendance veineuse des deux lobes a été reprise et défendue avec beaucoup de vigueur en France par Sérégé (1901 à 1907)[2], et aussi par Silvestri (1905)[3] et par Pincherle (1905)[4], en Italie. Mais Gilbert et Villaret (1906)[5], Brissaud et Bauer (1906, 1907)[6], Dévé

[1] La dernière est en contradiction formelle avec les constatations de Pepere, qui a observé les glandules de nombreux vieillards. Leur nombre n'est aucunement diminué, et la quantité de parenchyme épithélial n'est même pas réduite, malgré l'augmentation du tissu adipeux.

[1] Fascicule I : *Ostéologie*. Paris, Asselin et Houzeau, 1908.

[2] Sérégé : *Journ. méd. de Bordeaux*, avril 1901. — *Congrès de Toulouse*, 1902. — *C. R. Soc. Biol.*, novembre 1903. — *Gaz. hebd. de Bordeaux*, avril 1907. — Réunion biologique de Bordeaux, mars 1907, etc.

[3] Silvestri : *Gazetta degli ospedali*, 1905.

[4] Pincherle : *Clinica medica*, 1905. — *Archiv. de Biol., norm. et pathol.*, 1905.

[5] Gilbert et Villaret : *C. R. Soc. Biol.*, novembre 1906.

[6] Brissaud et Bauer : *C. R. Soc. Biol.*, décembre 1906 et juin 1907.

Digitized by Google

(1907)[1] ont, dans leurs injections, obtenu des résultats différents de ceux de Sérégé. Tout récemment enfin, J. Looten (1908)[2] a repris les expériences de ce dernier, mais n'a pu confirmer qu'en partie ses conclusions[3].

On peut, en effet, comme le fait Looten, grouper ces conclusions sous deux chefs différents : dans les premières, Sérégé proclame simplement l'indépendance veineuse des deux lobes; dans les secondes, il s'attache à faire admettre l'existence d'un accouplement entre chacun de ces lobes et l'un des territoires d'origine de la veine porte, accouplement qui serait assuré par la présence d'un double courant dans le tronc porte lui-même.

1. — La première question semble bien réglée En effet, Sérégé a repris les injections de Glénard et Siraud, en utilisant de préférence une solution aqueuse de bleu de méthylène, et est arrivé, avec plus de précision, aux mêmes résultats. Looten, sur des foies d'enfant, fait des injections persistantes de collodion coloré au bleu de Prusse, durcit au formol, et étudie sur de larges tranches totales, vertico-transversales, la répartition de la substance injectée, dont il donne de bonnes planches. Il peut ainsi confirmer l'indépendance complète des deux branches de la veine porte; « chacune d'elles a dans le foie son territoire d'irrigation propre et absolument personnel », sans communication de quelque importance avec l'autre. Avec Sérégé, Looten admet entre les deux territoires une ligne de démarcation s'étendant « de la vésicule biliaire à l'embouchure des veines sus-hépatiques ». Comme le disait déjà Glénard, les lobes carré et de Spiegel partagent la vascularisation du lobe gauche.

L'indépendance portale des deux lobes a d'ailleurs été mise en relief par des expériences d'une autre nature, faites sur le vivant par Ehrhard en 1902 (*XXXI*e *Congrès allemand de Chirurgie. Semaine médicale*). Cet auteur a pu faire la ligature séparée de chacune des branches de bifurcation de la veine porte. D'une façon constante, il s'est produit chez l'animal une atrophie du lobe correspondant, accompagnée d'ascite, tandis que l'autre lobe s'hypertrophiait. Guibé et Herrenschmidt (*Société anatomique*, Paris, 1907) ont trouvé la même nécrose en masse de tout le lobe gauche, chez une malade où la branche gauche de la veine porte avait dû être liée au cours d'une opération de kyste hydatique.

L'indépendance s'étend aux deux branches de l'artère hépatique et aux deux branches du canal hépatique. La démonstration en a été faite au point de vue anatomique par Looten (1908), pour l'artère, par Sérégé (1901), puis Looten, pour les voies biliaires. Pour la première, nous avons en outre des expériences d'Ehrhardt, reproduisant celles qu'il a faites sur les veines. Pour la seconde, une excellente démonstration expérimentale a été donnée par Wertheimer et Lepage dès 1897, au cours de leurs expériences sur la résorption des pigments biliaires dans le foie.

Rappelons, enfin, que Sérégé a montré que la teneur en urée des deux lobes est différente ; Sérégé, Jovane, Pincherle que la teneur en glycogène est également différente, etc., et nous conclurons avec tous ces auteurs que le foie, masse en apparence unique chez l'homme, est en réalité constitué de deux lobes plus ou moins indépendants au point de vue circulatoire et fonctionnel. Ces lobes sont d'ailleurs bien plus nombreux et presque complètement séparés (chacun avec ses vaisseaux distincts : Rex, 1888) chez les Carnivores, et surtout chez certains Rongeurs et Marsupiaux.

2. — Glénard avait esquissé la question des accouplements; Sérégé l'a développée à fond. D'après lui, le lobe droit recevrait presque exclusivement le sang de la grande veine mésaraïque, c'est-à-dire celui de l'intestin grêle, tandis que le gauche recevrait celui de la moitié gauche et terminale du gros intestin et celui de la rate, par la petite mésaraïque et la splénique. Le foie droit, ainsi en rapport avec les organes d'absorption, serait le régulateur des mutations nutritives, et se trouverait surtout atteint dans les maladies de la nutrition (obésité, diabète); le gauche aurait surtout pour rôle de lutter contre les infections venant de l'estomac, de la rate, du rectum. Les lésions secondaires à des affections de ces deux groupes d'organes occuperaient généralement le lobe correspondant (accouplements gastro-spléno-hépatique gauche et entéro-hépatique droit).

Pour expliquer ces associations, Sérégé admet l'existence de deux courants séparés à l'intérieur du tronc porte. Les deux veines liquides, provenant de la grande mésaraïque d'une part, de la petite mésaraïque et de la splénique d'autre part, y cheminaient côte à côte sans se mélanger ou en se mélangeant à peine, de même que l'on voit les eaux boueuses de certains affluents ne se mêler que très loin aux eaux limpides du fleuve qui les reçoit. Dans l'une de ses expériences, Sérégé arrive, en effet, à faire cheminer ainsi côte à côte deux liquides différemment colorés dans un système porte artificiel en verre, reproduisant celui de l'homme par les dimensions et les angles d'incidence. Mais ces conditions sont assez différentes des conditions physiologiques, la circulation n'ayant pas lieu ici dans des tubes inertes et rigides. D'autres expériences de

[1] Dévé : *Soc. Biol.*, avril 1907.
[2] J. Looten : *Journal de l'Anatomie*, 1908, p. 87.
[3] R. Glénard a bien résumé également l'œuvre de F. Glénard en *Progrès médical*, 22 février 1908.

Digitized by Google

l'auteur bordelais paraissaient plus concluantes : il injectait dans une des branches d'origine de la veine porte une très petite quantité d'encre de Chine, chez un chien anesthésié; il retrouvait les particules noires uniquement dans le lobe hépatique correspondant.

Ces expériences seraient décisives si elles avaient toujours donné les mêmes résultats. Malheureusement, elles ont été reprises par Gilbert et Villaret, Brissaud et Bauer[1], qui, à l'inverse de Sérégé, ont trouvé le plus souvent, sinon toujours, le foie injecté dans sa totalité. S. Looten, enfin, vient de les refaire avec soin, chez le chien, en faisant varier les conditions, les quantités d'encre injectées, etc., et en s'entourant d'une foule de précautions. Constamment les coupes microscopiques examinées ont montré les particules noires disséminées dans chacun des deux lobes; l'auteur donne quatre bonnes microphotographies à l'appui.

La théorie du double courant dans la veine porte en demeure donc bien ébranlée. Il est évident que, dans la plupart des cas, le sang venant des différentes sources y est plus ou moins brassé et mélangé, avant d'être réparti dans les deux lobes du foie. Ajoutons qu'il nous paraîtrait pourtant exagéré d'en tirer des conclusions absolument négatives contre la théorie des accouplements. Il suffit, en effet, qu'il y ait une légère tendance du sang venant de l'un des deux territoires à se diriger vers un lobe plutôt que vers l'autre, pour que l'on obtienne une localisation de prédilection des affections secondaires dans chacun de ces lobes. D'ailleurs, comme l'a fait observer Glénard, à l'état normal le jeu des vaso-moteurs peut avoir une certaine influence dans cette répartition. D'autre part, il faut tenir compte, outre les résultats de Sérégé, de ceux obtenus par Silvestri et par Pincherle.

Silvestri injecte une solution de violet de gentiane, tantôt dans le parenchyme splénique, tantôt dans la grande mésaraïque : il retrouve le colorant uniquement dans le lobe gauche du foie dans le premier cas, uniquement dans le lobe droit dans le second cas. Pincherle, par des injections d'huile phosphorée dans l'estomac ou dans la petite mésaraïque, provoque des nécroses cellulaires localisées dans le lobe gauche; l'injection dans une anse intestinale, entre deux ligatures, en provoque uniquement dans le lobe droit. Enfin Gilbert et Villaret eux-mêmes, dans leurs expériences de contrôle, ont trouvé quelquefois la localisation indiquée par Sérégé, quand l'injection était poussée par l'une des branches d'origine au voisinage même de sa fusion avec le tronc porte. Tout cela doit engager à une certaine réserve, et à transporter la question du terrain anatomique et physiologique sur le terrain anatomo-pathologique, où il faudra multiplier les observations.

[1] Leurs dernières injections d'encre de Chine (1907) ont été pratiquées dans la rate, chez le lapin; on en retrouvait pourtant dans tout le foie.

§ 2. — Fréquence, constitution et origine des mésocôlons ascendant et descendant.

Chez l'homme adulte, les côlons ascendant et descendant sont ordinairement accolés à la paroi abdominale postérieure. Assez souvent pourtant ils sont flottants, et soutenus par des mésos plus ou moins développés. On n'est pas d'accord sur la fréquence de ceux-ci, parce qu'on ne les a pas suffisamment définis : la moindre traction en crée d'artificiels. Ancel et Cavaillon[1] (en évitant ces tractions, et en ne considérant comme mésos, chez l'adulte, que ceux de plus d'un demi-centimètre de hauteur, et s'étendant en largeur sur un tiers au moins du côlon) arrivent, sur 49 sujets, à la proportion de 16,3 °/₀ présentant un mésocôlon ascendant, et de 37,5 °/₀ présentant un mésocôlon descendant; chez le fœtus, les chiffres sont de 0 pour le premier, de 14,8 pour le second.

Ces derniers chiffres sont bien peu favorables à l'opinion classique sur l'origine des mésocôlons, opinion qui les attribue à la persistance d'un état fœtal : dans la règle, ces mésos diminueraient peu à peu de hauteur et finalement disparaîtraient, le côlon s'accolant à son tour à la paroi. Par des recherches précises sur le fœtus et sur l'adulte, Ancel et Cavaillon montrent qu'il n'en est pas ainsi.

Considérons d'abord avec eux le mésocôlon ascendant. Si nous suivons, à partir du 4e mois, les transformations que subit le mésentère commun, pédicule membraneux jusqu'alors libre, flottant et continu tout le long de l'intestin gros et grêle, nous constatons les faits suivants : Tout d'abord, vers la fin du 4e mois, le mésentère commun se soude à la paroi abdominale postérieure le long d'une ligne transversale partant du point de croisement de l'artère mésentérique supérieure avec le bord inférieur du pancréas, et se terminant sur le gros intestin un peu au-dessus du cæcum, encore très élevé, en un point qui détermine et fixe la courbure hépatique du côlon. Cette ligne divise par conséquent le mésentère commun en deux parties, l'une située au-dessus, et qui sera le mésocôlon transverse, l'autre au-dessous, qu'on peut continuer à appeler le mésentère commun. Trois processus interviennent ensuite. Le premier est l'allongement du côlon ascendant, d'abord à peine indiqué, ce qui permet au cæcum de descendre dans la fosse iliaque; l'extrémité distale de l'artère

[1] Ancel et Cavaillon : *Journal de l'Anatomie*, 1907, n° 2, et *C. R. de l'Assoc. des Anat.*, Lille, 1907.

Digitized by Google

mésentérique descend avec lui ; le mésentère commun restant s'accroît beaucoup de ce fait dans sa région colique. Le second processus est la soudure du côlon descendant à la paroi abdominale postérieure, de haut en bas, et par son bord externe. Le troisième est la soudure partielle du mésentère commun à la même paroi abdominale, soudure progressant de haut en bas et de dehors en dedans, et s'arrêtant habituellement à l'artère mésentérique; toute la partie du mésentère commun correspondant au côlon disparaît donc peu à peu. Mais, à l'inverse de ce que disent les descriptions classiques, *c'est secondairement à la soudure du côlon lui-même* : le mésocôlon ascendant de l'adulte, quand on le trouve, n'est donc pas dû à la persistance d'un pédicule mésocolique fœtal qui aurait peu à peu diminué de hauteur en s'accolant à la paroi abdominale de dedans en dehors.

Et, de fait, la dissection chez l'adulte est tout à fait d'accord avec ces données embryologiques. Si la théorie classique était exacte, on ne devrait trouver que deux feuillets dans le mésocôlon adulte. Or, on en trouve quatre. Entre les deux internes, gauches, ou antérieurs, cheminent les vaisseaux coliques : ils correspondent, par conséquent, à la partie du mésentère commun primitif qui a disparu par soudure; entre les deux externes, droits, ou postérieurs, on trouve des veines de Retzius, c'est-à-dire des veines s'étendant directement de la paroi abdominale postérieure au côlon. Cela vient de ce que le côlon s'est secondairement éloigné de la paroi abdominale, entraînant avec lui, non seulement les parties qui constituaient son méso fœtal, mais encore le péritoine pariétal. Celui-ci s'adosse à lui-même comme s'il était soulevé avec une pince et forme deux autres feuillets.

On trouve de même, chez l'adulte, quatre feuillets dans le mésocôlon descendant; il doit, par conséquent, avoir la même origine. Pourtant, ici, il existe primitivement chez le fœtus un véritable mésocôlon à deux feuillets, qui est peut-être capable de persister tel quel dans certains cas. Les auteurs ne l'ont retrouvé jusqu'ici que chez les fœtus à terme, et non chez l'adulte.

Rappelons que, dans de patientes recherches du même genre, nos deux auteurs avaient donné une excellente explication de l'existence des diverses *fossettes du péritoine duodénal* [1].

VI. — Organes de la circulation et sang. La formation des globules rouges chez l'adulte.

1. *Chez les Vertébrés ovipares.* — Deux théories régnaient naguère. L'une, celle de Bizzozero (1881-1883), attribuait la régénération des hématies nucléées des Vertébrés ovipares uniquement à des caryocinèses ou divisions cellulaires indirectes; l'autre, celle de Hayem et de Pouchet (1877-1880), d'Hermann Franz Muller (1889), etc., faisait dériver ces hématies d'une forme nucléée spéciale, incolore, sous les noms d'hématoblaste, érythroblaste ou cellule-mère. Cette dernière semblait avoir définitivement triomphé, et l'on admettait simplement que la caryocinèse persiste chez les hématies jeunes et contribue à la multiplication.

Tout est remis en question par le travail de Jolly (1904)[1]. Il montre que, si, après un jeûne de plusieurs mois, on nourrit abondamment des Tritons, au bout de 10 à 12 jours une régénération considérable du sang appauvri a lieu, et cela de la façon suivante : On voit, dans une partie des hématies anciennes, le noyau se gonfler, redevenir vésiculeux, les travées de son réseau chromatique s'écarter, le corps cellulaire lui-même s'arrondir, se rapprocher de la forme sphérique, perdre une grande partie de son hémoglobine ; après cette sorte de rajeunissement, la cellule entre en caryocinèse. C'est essentiellement à ces divisions que serait due la régénération du sang, car l'ablation de la rate (source principale des formes incolores chez ces animaux) ne l'empêche pas de se produire.

Est-ce à dire qu'il faille abandonner la théorie des cellules-mères? Nous ne le pensons pas. En effet, Jolly lui-même nous avertit qu'une petite partie seulement des hématies subissent cette transformation. D'autre part, la transformation est si complète que ce ne sont plus, à proprement parler, des hématies que nous avons sous les yeux, mais des hématies dédifférenciées, revenues à un état plus embryonnaire, des sortes de cellules-mères en un mot. Et dès lors ne peut-on pas, dans bien des circonstances, les confondre facilement avec ces dernières? Il semble, en effet, que Bryce[2], dans son travail sur le *Lepidosiren*, ait retrouvé les deux variétés côte à côte. Il voit, d'une part, des hématies adultes s'arrondir, perdre leur anneau marginal, et entrer en cinèse. Mais il trouve, d'autre part, des érythroblastes jeunes, encore presque sphériques, relativement faciles à distinguer de ces dernières, et dont il suit l'origine jusque dans les petites cellules rondes incolores des organes hématopoïétiques.

La question est donc encore loin d'être tranchée, et il faudra la reprendre en tenant compte de la remarquable faculté de dédifférenciation signalée par Jolly chez les hématies adultes.

Ajoutons encore que, contrairement à ce qu'a cru

[1] Ancel et Cavaillon : *Bibliogr. anat.*, t. XVI, fasc. 2.

[1] Jolly : *Archiv. d'Anat. microsc.*, t. VI, 1904.

[2] Bryce : *Transactions of the roy. Soc. of Edinburgh*, t. XLI, P. II, Nr. 11 et 19.

Digitized by Google

Hayem, l'érythroblaste en voie d'évolution ne passe pas fatalement par la forme en navette qui joue un rôle dans la coagulation, et qu'on désigne souvent aujourd'hui, avec Dekhuysen (1892), sous le nom de thrombocyte. Souvent l'hématie a encore la forme sphérique ou à peine aplatie lorsqu'elle se charge d'hémoglobine. C'est ce que nous avions signalé, dès 1890, chez l'alevin de truite saigné; c'est ce qu'admettent aujourd'hui H. F. Muller, Dekhuysen, Jolly (1904), Meves (1906), etc... La plupart de ces auteurs font du thrombocyte une variété cellulaire spéciale. Pourtant, ici encore une révision est nécessaire, en tenant compte du fait nouveau de la dédifférenciation et des confusions qui peuvent en résulter.

2. *Chez les Mammifères.* — Nous trouvons ici une série de travaux récents, dont les principaux sont dus à Jolly (1907)[1], à Weidenreich (1904)[2] et à Retterer (1907)[3].

Deux théories principales étaient en présence il y a quelques années : celle de Hayem, et celle à laquelle Kœlliker, Neumann et Bizzozero, Ehrlich ont attaché leur nom. D'après la première, les hématies dériveraient des *hématoblastes* de Hayem, ou *plaquettes sanguines* de Bizzozero. D'après la seconde, elles n'auraient rien de commun avec ces éléments, et proviendraient de cellules-mères par l'intermédiaire d'hématies nucléées ou *normoblastes* de Ehrlich (1890).

Malgré la grande autorité de l'auteur, la théorie de Hayem a chaque jour perdu du terrain. L'altérabilité des « hématoblastes », la grande rareté des formes, dites intermédiaires, qu'on a pu considérer comme dues à des phénomènes de poïkylocytose, l'augmentation du nombre des plaquettes dans des circonstances assez contradictoires, lui ont fait perdre bien des partisans.

Aujourd'hui, la théorie adverse règne presque sans conteste, et on peut l'appeler la théorie classique. Weidenreich, Jolly surtout, dans son dernier grand travail, apportent à son appui des observations très importantes, qui semblent l'affermir définitivement, et l'on ne peut plus guère discuter que sur le mode de disparition du noyau.

Jolly prend d'abord comme type le Rat. Il trouve chez l'embryon deux générations successives d'hématies, deux races d'origine différente. Les hématies de la première génération ou hématies primaires proviennent des îlots sanguins; elles sont globuleuses, se divisent activement par caryocinèse; une partie d'entre elles au moins perdent leur noyau et s'aplatissent pour former de grandes hématies primaires anucléées; les unes et les autres disparaissent peu à peu et d'assez bonne heure. Pendant ce temps, à mesure que se sont formés les organes hématopoïétiques, ont apparu dans le sang, aux côtés des premiers, des globules rouges nucléés plus petits, à corps éosinophile, tandis que les autres étaient orangéophiles. C'est la seconde génération; ce sont les hématies secondaires. Bientôt une partie d'entre elles perdent aussi leur noyau; mais, tandis que les hématies primaires disparaissent peu à peu chez l'embryon, les secondaires persistent pendant toute la vie, avec leurs deux variétés, nucléée et anucléée.

Les nucléées diminuent de nombre *dans le sang* du fœtus, pour se cantonner dans les organes hématopoïétiques et particulièrement dans la moelle des os; chez un très grand nombre de Mammifères, on n'en trouve déjà plus à la naissance. Ainsi, elles font complètement défaut à ce moment chez le cobaye; chez l'enfant, Neumann a montré qu'elles sont très rares, et ne se retrouvent guère que dans les trois ou quatre premiers jours.

Mais, chez d'autres espèces étudiées par Jolly, elles persistent en assez grand nombre après la naissance, et parfois jusqu'à l'âge adulte. Ainsi, chez le Rat, les hématies nucléées, et surtout les formes de transition à vestiges nucléaires en voie de disparition, sont encore très nombreuses pendant les quinze premiers jours, assez fréquentes pendant le premier mois, et l'on en peut encore trouver quelques-unes jusque chez l'adulte. Chez le porc, c'est encore plus marqué; les formes en question persistent assez nombreuses jusque chez le jeune adulte apte à la reproduction. Ces observations sont très précieuses; elles apportent un puissant argument en faveur de la théorie classique, en montrant que l'hématie continue bien à se former pendant toute la vie suivant le même processus que chez l'embryon. La seule différence essentielle, c'est que, chez l'adulte, le globule rouge achève ses transformations dans les organes hématopoïétiques et n'en sort qu'à l'état d'hématie définitive anucléée, tandis que, chez l'embryon, il peut passer de bonne heure dans le sang, pourvu de son noyau, et même s'y multiplier par division. Mais la gestation, les hémorragies, les infections, toutes les causes, en un mot, qui appellent une hématopoïèse intense font réapparaître dans le sang les formes nucléées chez les espèces où elles ont normalement disparu, ou augmentent leur nombre chez les espèces où elles ont persisté.

Il n'en est pas moins intéressant de suivre de très près le *mode de disparition du noyau*, pour bien contrôler la genèse du globule rouge adulte anucléé.

[1] Jolly : *Archives d'Anat. microsc.*, t. IX, 1907.
[2] Weidenreich : *Ergebnisse der Anatomie*, t. XIV 1904, p. 345.
[3] Retterer : *Journal de l'Anatomie*, 1907.

Digitized by Google

Rappelons d'abord que, pour quelques auteurs, Bœttcher notamment (1866), le noyau ne disparaîtrait pas à proprement parler. Il serait seulement masqué par l'hémoglobine, et l'on a cru pouvoir le mettre en relief par les colorants, dans certaines conditions, sous le nom de *nucléoïde* (Lawdowsky, 1893). C'est encore l'*Innenkörper* de Löwit (1887). Pétrone (1901), Pighini (1904), ont repris récemment cette théorie. Jolly démontre que les corpuscules ainsi décrits sont des artefacts, dus les uns à la dessiccation, les autres à une mauvaise fixation, à une adhérence artificielle de la couleur au centre déprimé, etc...

Les autres auteurs admettent la disparition totale du noyau; mais, pour Kœlliker et pour Neumann depuis longtemps, pour Israel et Pappenheim (1896), etc., il s'atrophie peu à peu sur place; au contraire, pour Rindfleisch (1880), Ehrlich, etc., il est expulsé.

Weidenreich, Jolly, étudient avec soin le phénomène, et aboutissent aux conclusions émises par Gibson dès 1886, et depuis par Howell (1890), Van der Stricht (1893), Engel (1893), Albrecht (1902), c'est-à-dire qu'ils admettent la combinaison des deux processus, atrophie sur place et expulsion

Les deux auteurs ne s'éloignent l'un de l'autre que sur des points de détail. Weidenreich ne croit pas à des phénomènes de dissolution et de transsudation; il fait jouer le rôle capital à un bourgeonnement dégénératif du noyau, qui accompagnerait sa pycnose et conduirait à la fragmentation, suivie du rejet des fragments. Jolly considère, au contraire, l'atrophie nucléaire comme « le phénomène primitif, constant, primordial »; elle est possible sans expulsion; « mais, dans la plupart des cas, elle n'arrive pas à la fin sans que le reste nucléaire soit expulsé ».

D'après l'auteur français, les premiers phénomènes, suivis chez le Rat particulièrement, sont les phénomènes de pycnose admis d'autre part par Weidenreich; c'est-à-dire qu'on voit le noyau devenir de plus en plus petit, ses travées de chromatine s'épaissir, se resserrer, se condenser, tendre à se fusionner en une petite masse homogène, tandis que disparaît le suc nucléaire. Ici interviendraient pour Jolly des phénomènes de dissolution partielle de la chromatine, puisque celle-ci est souvent réduite à des restes nucléaires punctiformes; une partie, notamment, serait probablement dissoute dans le suc nucléaire, qui serait ensuite rejeté. Mais la chromatine subit, en outre, des modifications chimiques, mises en relief par les colorants, et déjà admises en partie par Howell (1891), Van der Stricht, Albrecht, Heinz. Dans les *restes nucléaires*, la périphérie seule de la petite masse reste basophile; le centre devient acidophile, et cette transformation gagne de plus en plus vers la périphérie, en respectant toutefois généralement l'écorce. Ce n'est que plus rarement qu'il y aurait bourgeonnement et caryorrhexis, c'est-à-dire fragmentation; mais cette fragmentation se trouve plus souvent dans le sang pathologique des anémiques. Enfin, l'expulsion aurait généralement lieu, et serait le dernier terme; elle porterait soit sur le noyau homogène dans sa totalité, soit, plus souvent, sur des bourgeons. On peut suivre facilement ces phénomènes d'expulsion sur les préparations fixées, sur les coupes (organes hématopoïétiques), et même sur le globule vivant (dans le sérum). De ce fait, il existe en certains points de la moelle osseuse une accumulation de noyaux libres, de volume très inégal, avec souvent phagocytose de ces noyaux. Le fait est surtout net chez le jeune chevreau de une à trois semaines, et chez l'embryon de mouton de 18 à 35 centimètres.

Le détail de ces observations, la presque unanimité des auteurs actuels en ce qui concerne les grandes lignes du processus, sont, comme on le voit, tout en faveur de la théorie classique.

Toute autre pourtant est la conclusion à laquelle arrive Retterer. Dans un Mémoire très détaillé, où il traite de toutes les questions intéressant les hématies, il reprend la théorie de l'origine nucléaire de ces éléments, émise par Warthon Jones en 1846. Pour lui, l'hématie du mammifère adulte procède du noyau d'une cellule incolore (lymphocyte), dont le corps a disparu par fonte protoplasmique. La chromatine se rassemble en un croissant ou cupule homogène, et se transforme en hémoglobine; la substance achromatique du noyau ou partie corticale anhémoglobique, comprise entre la membrane nucléaire (bientôt disparue) et la cupule, se réduit à une mince pellicule, sauf dans la concavité de la cupule, où elle s'accumule en un ménisque ou corps anhémoglobique. L'hématie jeune est ainsi sphérique, ovoïde ou hémisphérique; la partie anhémoglobique disparaît peu à peu par fonte; l'hématie se réduit alors à une cupule ou à un disque excavé sur ses deux faces. Cela rendrait compte des formes diverses sous lesquelles on rencontre les hématies dans les préparations. Les figures destinées à montrer ces transformations sont peu nombreuses et peu convaincantes; et, malgré les patientes expériences de l'auteur, malgré la vigueur avec laquelle il défend sa théorie, elle a peu de chances de triompher, en face des observations variées dont nous avons parlé plus haut, et qui ont amené à des conclusions toutes différentes. Le Mémoire de Retterer contient, d'ailleurs, des observations et des discussions très intéressantes: sur le rôle des ganglions lymphatiques dans l'hématopoïèse d'une part, sur la nature et la provenance de la

Digitized by Google

lymphe vasculaire et interstitielle d'autre part.

On sait qu'Ehrlich a distingué parmi les hématies nucléées de l'adulte des *normoblastes*, ayant à peu près le diamètre des hématies anucléées définitives, et des *mégaloblastes*, bien plus grands. Nous n'avons pas parlé jusqu'ici de ces derniers, qui sont d'ailleurs en plus petit nombre, par ce qu'on n'est pas encore bien fixé sur leur signification. D'après Ehrlich, ils formeraient une variété spéciale, et Pappenheim (1896, 1898) les considère comme ayant une origine à part (gros lymphocytes), et représentant une forme ancestrale conservée, celle qui réapparaît dans les hématies primaires de Jolly; ils en seraient la continuation chez l'adulte. Weidenreich, Jolly, sont d'un tout autre avis. A la façon d'Askanazy (1895) et de Grawitz (1902), ils considèrent le mégaloblaste de l'adulte comme représentant un premier stade, pauvre en hémoglobine, dans l'évolution du globule rouge, tandis que le normoblaste représente le second, et par conséquent en dérive[1]. C'est seulement à l'état de normoblaste que le globule atteint l'état de maturité nécessaire pour perdre son noyau et, par là, s'adapter de plus en plus complètement à sa fonction respiratoire (Jolly). Le mégaloblaste de l'adulte n'aurait rien de commun avec les grandes hématies primaires nucléées de l'embryon, que l'on a parfois désignées sous le même nom, et qui disparaîtraient complètement de très bonne heure.

VII. — Organes des sens. — La question du corps vitré.

Nous avons exposé, dans notre revue de 1904, comment le corps vitré, d'après les travaux récents de Tornatola, Rabl, Van Pée, Kœlliker, etc., est d'origine ectodermique et non mésodermique, comment tout au moins le mésoderme n'intervient que peu et très secondairement dans sa formation. D'après tous ces auteurs, le corps vitré se formerait aux dépens d'expansions protoplasmiques provenant des cellules de la rétine embryonnaire, et s'allongeant tout en s'anastomosant, sous forme de fines fibrilles. Van Pée avait signalé l'existence de fibrilles analogues venant du cristallin, Lenhossek les en faisait provenir toutes.

Aurel von Szily[1] a repris récemment la question, et lui a donné une extension toute nouvelle. D'après lui, ce qui se passe dans le corps vitré n'est qu'une modification d'un processus général. Avant l'apparition du mésenchyme, et lorsque l'embryon n'est encore constitué que de couches épithéliales, on voit leurs cellules constituantes, quel que soit leur feuillet d'origine, envoyer des expansions protoplasmiques souvent larges d'abord, mais bientôt minces et ramifiées, anastomosées en un fin chevelu réticulé qui unit les membranes épithéliales entre elles. Ainsi se constitue un tissu de soutien primitif fibrillaire et privé de cellules (*zellfreie, faserige Stützgewebe*). Les cellules mésenchymateuses pénètrent secondairement dans ce réseau et unissent intimement leur protoplasme à celui de ces fibrilles; elles pourvoient maintenant à la nutrition et à la croissance de celles-ci, qui perdent peu à peu leurs attaches primitives. Ainsi se constitue le tissu conjonctif embryonnaire, aux dépens duquel naîtront secondairement les fibres collagènes. La contribution des trois feuillets blastodermiques à l'édification de ce tissu serait une nouvelle et grave atteinte à la doctrine de la spécificité de ces feuillets.

Le corps vitré embryonnaire n'est qu'une partie du « tissu embryonnaire de soutien », particulièrement développée, tendant à garder ses caractères primitifs, et différenciée dans une direction spéciale par suite de nécessités fonctionnelles. Il n'est donc pas étonnant que la rétine, le cristallin et le mésenchyme contribuent à le former.

Le travail de von Szily, illustré de belles et nombreuses planches, nous paraît très suggestif, bien que nous ne puissions attribuer la même importance que lui au réseau filamenteux primitif *privé de cellules*, dans la question de la spécificité des feuillets.

É. Laguesse,
Professeur d'Histologie
à la Faculté de Médecine de Lille.

[1] Le sort du noyau n'est pas différent dans les deux formes, contrairement à ce qu'Ehrlich avait admis.

[1] Aurel von Szily : *Anatomische Hefte*, Hft. 107, t. XXXV, Hft. 3, Wiesbaden, 1908.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Cambridge Tracts in Mathematics and Mathematical Physics.

N° 7. **Whittaker** (E. T.), *F. R. S., Astronome royal pour l'Irlande.* — **The Theory of Optical Instruments.** — 1 *vol. in-8° de* 72 *pages avec fig.* (*Prix* : 3 *fr.* 20.)

N° 8. **Leathem** (G.), *Lecturer à Saint-John's College* (*Cambridge*). — **The elementary Theory of the symmetrical optical Instrument.** — 1 *vol. in-8° de* 74 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 20.)

N° 9. **Wright** (J. E.), *Professeur-adjoint de Mathématiques au Collège de Bryn Mawr.* — **Invariants of Quadratic differential Forms.** — 1 *vol. in-8° de* 90 *pages.* (*Prix* : 3 *fr.* 20.)

Cambridge University Press, Londres, 1908.

Les deux premiers de ces opuscules ont pour but d'exposer aux étudiants en Astronomie, Photographie et Spectroscopie les éléments de la théorie des instruments d'Optique qu'ils ont chaque jour entre les mains. A côté de ce but pratique, ces ouvrages attireront l'attention des mathématiciens purs par quelques théorèmes intéressants : de ce nombre est l'application par Klein du cercle imaginaire à l'infini pour établir ce résultat qu'aucun instrument d'Optique autre que le miroir plan ne peut être construit, qui soit capable de transformer tous les points de l'objet spatial en points de l'image spatiale.

Dans le dernier opuscule, M. Wright a donné un exposé, débarrassé de tout développement analytique non nécessaire, de la théorie des invariants reliés à une forme différentielle quadratique simple.

Ribière (C.), *Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.* — **Phares et Signaux maritimes.** — 1 *vol. de l'Encyclopédie scientifique du* Dr Toulouse. (*Prix* : 5 *fr.*) *O. Doin, éditeur. Paris*, 1908.

Ce livre appartient à l'Encyclopédie scientifique, publiée sous la direction du Dr Toulouse, section de Mécanique appliquée et Génie.

Le nom seul de l'auteur, dont la compétence sur ce sujet s'est déjà affirmée dans ses nombreux travaux antérieurs, et sa longue expérience des choses maritimes sont d'assez sûrs garants de la haute et limpide technicité de cet ouvrage, pour qu'il soit superflu d'en faire l'éloge. Cependant, il est intéressant de noter le caractère un peu spécial que M. Ribière a tenu à donner à ce livre, afin de le faire rentrer tout à fait dans le cadre de l'Encyclopédie à laquelle il a bien voulu collaborer.

En présentant, en effet, cette bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie, la Direction nous avertit qu'elle veut ici donner l'impression que, loin d'être sœurs ennemies, la théorie et la pratique « ne sauraient à la vérité se passer l'une de l'autre, et que toutes deux doivent progresser parallèlement ». Bien que, dans ces sujets, « de par la force même des choses, l'exposé des principes s'écarte davantage de la forme mathématique pour se rapprocher de celle usitée dans le domaine des sciences descriptives, cela n'empêche qu'il y ait encore, dans la façon de classer logiquement les faits, d'en faire saillir les lignes principales, surtout d'en dégager des idées générales, possibilité d'avoir recours à une méthode scientifique ». Or, cette impression se dégage d'une manière magistrale de la lecture de ce livre.

Après avoir montré au début pourquoi les signaux placés sur les côtes pour assurer la sécurité de la navigation doivent répondre à une répartition parfaitement définie, conduisant à un certain nombre de caractères simples, l'auteur explique, fort heureusement, les principes généraux qui en régissent l'établissement, puis il aborde l'étude des phares, qui sont de beaucoup les plus importants parmi les ouvrages et travaux de reconnaissance des côtes. Il nous montre, en nous rapportant fidèlement les expériences faites et les besoins grandissants des navigateurs, toute la complexité du problème à résoudre, et combien les données théoriques sont d'un faible secours dans les questions de visibilité et de portée, en même temps que cette suite d'expériences nous retrace pas à pas l'histoire des progrès accomplis. La question de la puissance lumineuse l'arrête un bon moment, car il en reprend toute l'étude au point de vue spécial des phares, c'est-à dire non pas en envisageant des points lumineux et, par suite, l'intensité suivant l'axe optique, mais, suivant les considérations nouvelles émises par Cornu et le colonel Mangin, en cherchant la composition du faisceau et la courbe des intensités émises dans les différentes directions horizontales. Et ce qui rend encore plus attrayants, parce que plus sensibles, ces développements un peu arides, ce sont les nombreux exemples, résultats d'expériences sûres et contrôlées, qui concrétisent à chaque instant les données théoriques en les mettant au point pratiquement. La puissance lumineuse bien établie, nous arrivons aux différentes sources de lumière et à leur emploi; et, ici encore, s'affirme davantage le souci qu'a l'auteur, à chaque pas qu'il nous fait faire dans le domaine théorique, de nous en montrer la valeur réelle en pratique, et la répercussion dans la construction. Pour couronner cette étude complète et rigoureuse des appareils de phares, M. Ribière expose les méthodes expérimentales, seules possibles en pratique pour étudier et vérifier les optiques et en déterminer le rendement. Viennent ensuite la description des types d'appareils et leur mode de construction : les phares électriques y sont traités avec une ampleur et un soin particuliers, en raison de l'importance qu'ils présentent.

Poursuivant le cycle des différents signaux maritimes, M. Ribière nous expose les signaux sonores avec les plans des différents appareils en usage dans l'univers et une comparaison raisonnée entre eux, ayant pour base les conditions théoriques et réelles de leur fonctionnement. Qu'il nous soit seulement permis de regretter de ne pas voir traiter ici la question des cloches sous-marines : elles y sont simplement mentionnées. Il eût été cependant singulièrement intéressant de tenir de quelqu'un d'aussi autorisé quelque indication sur cette question si moderne et tout à l'ordre du jour.

Puis l'auteur nous parle des feux flottants; après un aperçu très judicieux de leur rôle et de la façon dont anciennement on en comprenait la construction, il nous donne, en une dizaine de pages, une synthèse tout à fait remarquable de la théorie du navire et de ses conditions de stabilité. Il en déduit logiquement la forme des bateaux-feux et des bouées lumineuses. Des tableaux, résumant les caractéristiques les plus fréquentes des lames dans différents endroits et les dimensions de divers bateaux-feux ainsi que leurs plans exacts et la façon dont ils se comportent, illustrent de la façon la plus instructive cette théorie un peu ingrate.

Enfin, les feux permanents sans gardiennage termi-

Digitized by Google

nent cet exposé très complet des différents genres de signaux maritimes.

En dernier lieu, M. Ribière nous fait voir, avec la précision et la netteté qui ont déjà caractérisé tout cet ouvrage, l'incertitude qui est à la base du calcul de construction des phares, et nous laisse entrevoir, dans un aperçu théorique des plus scientifiques, basé sur les expériences acquises, qu'il ne faut plus ici, à cause du choc des lames, s'en rapporter aux pressions statiques de la résistance des matériaux, comme on a trop souvent voulu le faire.

Indépendamment des qualités déjà énoncées, les tableaux et courbes diverses ainsi que les croquis cotés d'une scrupuleuse exactitude qu'on rencontre à chaque instant dans ce livre en forment, joints à l'index bibliographique très complet qui termine l'ouvrage, un véritable résumé de premier ordre relatif à ce sujet si vaste et si varié, nécessitant toutefois la connaissance réelle des grandes théories physiques.

J. Bion,
Enseigne de vaisseau,
Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris.

2° Sciences physiques

Chwolson (O. D.), *Professeur à l'Université de Saint-Pétersbourg.* — **Traité de Physique.** *Traduit par* M. E. Davaux. *Tome I. Fascicule* 3 : **L'Etat liquide et l'Etat solide des corps.** 1 *vol. in-8° de* 312 *pages avec* 136 *figures.* (*Prix* : 12 *fr.*) — *Fascicule* 4 : **Acoustique.** 1 *vol. in-8° de* 220 *pages avec* 87 *figures.* (*Prix* : 8 *fr.*). — *Tome II. Fascicule* 3. **Photométrie. Instruments d'Optique. Interférence de la lumière.** 1 *vol. in-8° de* 208 *pages avec* 159 *figures et* 3 *épreuves stéréoscopiques.* (*Prix* : 9 *fr.*) *A. Hermann, éditeur. Paris*, 1907-1908.

La publication du grand Traité de Physique de Chwolson se poursuit par trois fascicules nouveaux.

L'un est consacré à l'état liquide et à l'état solide des corps. L'auteur ne s'écarte pas sensiblement de la division généralement adoptée dans les manuels classiques; c'est ainsi qu'il traite successivement de la constitution, de la densité, de la compressibilité, de la tension superficielle, des phénomènes d'adhésion et de capillarité des liquides, de la dissolution, de la diffusion et de l'osmose, du frottement à l'intérieur des liquides et du mouvement des liquides, puis de la densité, de la déformation, du frottement et du choc des corps solides. Le seul chapitre presque entièrement nouveau de cette partie de la Physique est celui qui est relatif à l'état colloïdal; la rédaction en a été confiée à MM. V. Henri et A. Mayer, bien connus pour leurs travaux dans ce domaine, qui ont exposé en détail les récentes recherches sur les solutions colloïdales.

Un second fascicule est consacré à l'Acoustique. Il débute par une étude générale sur la vitesse de propagation des déplacements dans un milieu déformable, ce qui amène l'auteur à traiter de la production, de la propagation et de la vitesse du son, puis des phénomèdes de réflexion, de réfraction, de dispersion et d'interférence du son. Il expose ensuite la théorie des vibrations des cordes et des verges, puis celle des vibrations des membranes et des plaques, et enfin celle des tuyaux ouverts et fermés. Le phénomène de résonance et le principe de Doppler, déjà étudiés au point de vue général pour toutes les vibrations, sont envisagés dans leur application spéciale en Acoustique. Enfin, deux chapitres sont consacrés à l'étude de la voix humaine et de l'organe de l'ouïe, puis des sons employés dans la musique.

Le dernier des fascicules récemment parus est relatif à l'Optique. L'auteur y aborde le problème de la mesure de l'énergie rayonnante et expose les principes de la photométrie et de l'actinométrie. Puis il donne une théorie générale des instruments d'Optique servant à l'observation des objets et décrit les plus importants d'entre eux, depuis la loupe et le microscope jusqu'au télescope et à l'héliostat. Après quelques notions fondamentales d'Optique physiologique, une courte étude est consacrée aux phénomènes optiques dans l'atmosphère : réfraction astronomique, mirage, scintillation des étoiles, arc-en-ciel, halos. Enfin, le chapitre le plus important de ce fascicule est relatif aux phénomènes d'interférence de la lumière, dont l'auteur donne une théorie détaillée et décrit les applications, qui ont été en se multipliant dans ces dernières années : vérification des surfaces optiques, mesure des petits déplacements ou des petites déformations, mesure des longueurs et en particulier du mètre en longueurs d'onde, détermination de la masse du décimètre cube d'eau, photographie des couleurs.

Une bibliographie très importante accompagne, comme précédemment, chacun des chapitres de l'ouvrage.

Wallerant (F.), *Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.* — **Cristallographie.** — 1 *vol. in-8° de* 523 *pages.* (*Prix* : 18 *francs.*) *Béranger, éditeur. Paris*, 1908.

Ce livre n'est ni un Manuel, ni un Traité de Cristallographie, comme le titre pourrait le faire croire; c'est un exposé très clair et très original de l'état actuel de nos connaissances sur la structure et les propriétés des corps doués de symétrie, et le titre de « Physique des corps cristallisés » lui eût peut-être mieux convenu.

Depuis un quart de siècle, nos idées sur les cristaux ont changé du tout au tout.

Les recherches des géomètres ont circonscrit d'une façon très précise le champ des hypothèses possibles, et ont permis de formuler une théorie de la structure cristalline, qui n'est peut-être pas définitive, mais qui, en tout cas, rend parfaitement compte de tous les phénomènes actuellement connus. Cette théorie, dont j'ai essayé de donner ici même une rapide esquisse[1] et à l'élaboration de laquelle M. Wallerant a pris une large part, se trouve exposée pour la première fois d'une façon complète, dogmatique, dans le livre que j'analyse aujourd'hui.

Mais une théorie, si ingénieuse soit-elle, n'a de portée scientifique que si elle interprète sans effort des faits restés inexplicables, et si elle peut prévoir des faits nouveaux. M. Wallerant s'est attaché à montrer que la théorie est grandement féconde et que seule aujourd'hui elle peut être acceptée.

Le point culminant de cette théorie, celui qui la distingue de toutes les théories anciennes, est sa conception précise du caractère des unités constitutives d'un corps cristallisé. Tout cristal est, en même temps, une individualité physique et une espèce chimique; il entre donc dans sa construction des éléments plus complexes et des éléments plus simples, les uns physiquement, les autres chimiquement indivisibles. Lorsqu'il est détruit sans changement de sa nature chimique par la solution, la fusion ou la volatilisation, c'est l'élément complexe, la particule cristalline qui subsiste : c'est là l'idée fondamentale que M. Wallerant démontre avec une évidence qui ne laisse rien à désirer. Une semblable façon de voir est, il est vrai, en contradiction avec la théorie aujourd'hui à la mode et d'après laquelle les molécules chimiques elles-mêmes seraient désagrégées en atomes lorsqu'elles passent en solution ou en vapeur; mais cela prouve seulement que ces théories modernes ont été établies par des hommes qui n'avaient aucune notion des nécessités logiques que nous impose la connaissance de la structure des corps cristallisés.

L'indépendance de la particule cristalline une fois mise en lumière, M. Wallerant étudie en détail les

[1] *Rev. gén. des Sc.*, décembre 1906.

Digitized by Google

phénomènes dans lesquels elle se manifeste plus ou moins directement.

L'ouvrage se divise en six livres dans lesquels sont passés en revue les phénomènes les plus généraux des corps cristallisés : *Déformation homogène, Groupements cristallins, Symétrie apparente, Polymorphisme, Isomorphisme, Groupements de cristaux d'espèces différentes.* Sur ces questions, en apparence très diverses, mais qui toutes ont une importance capitale pour nos connaissances de la structure cristalline, M. Wallerant apporte non seulement un résumé très impartial des travaux publiés en France et en Allemagne, mais encore ses recherches personnelles et des interprétations théoriques du plus grand intérêt. Peut-être serait-on tenté de lui reprocher de ne pas avoir ajouté quelques chapitres sur des phénomènes éminemment moléculaires et encore si obscurs, comme les figures de corrosion et le pouvoir rotatoire des corps cristallisés et dissous; mais il a voulu manifestement n'exposer que les questions qu'il avait étudiées lui-même. Son livre gagne ainsi en précision et en homogénéité ce qu'il perd en étendue.

En dehors des idées générales qui sont en quelque sorte l'ossature de l'ouvrage et qu'il faut louer sans réserve, car elles font sortir la Cristallographie du domaine purement géométrique dans lequel elle s'est trop longtemps complue, je voudrais indiquer quelques chapitres qui me paraissent particulièrement intéressants.

Et d'abord, la question tant controversée des mâcles cristallines, auxquelles on donne maintenant, je ne sais trop pourquoi, le nom de groupements cristallins ; ce ne sont pas, en effet, les cristaux qui se juxtaposent, ce sont leurs éléments constitutifs qui prennent dans l'espace des positions différentes. La première théorie qui en a été donnée appartient à Mallard, théorie très remarquable, car elle ne se contentait pas de généraliser les lois géométriques de leurs formes, elle présentait une interprétation physique de leur formation. Mais elle avait le grand défaut de compliquer beaucoup les choses, en admettant deux espèces d'assemblages foncièrement différents par leur origine, et surtout en introduisant des mouvements de rotation des particules qui se trouvent sur les nœuds du réseau et qui, par définition, ne pouvaient avoir que des mouvements de translation. M. Wallerant montre, par une série de considérations très ingénieuses, qu'en envisageant, non plus la particule dans son ensemble, mais les éléments dont elle se compose, toutes les mâcles rentrent sans difficulté dans un même cadre et sans qu'il soit besoin de faire tourner les particules autour de leur centre de gravité. Je regrette seulement qu'il ait maintenu cette séparation très artificielle entre les mâcles produites par l'effort mécanique et les mâcles naturelles qui se produisent au moment de la cristallisation. Quelle que soit la différence de leur origine, elles sont soumises exactement aux mêmes lois et rentrent, par conséquent, dans la même théorie.

Non moins suggestive est l'étude du polymorphisme, à laquelle est consacré tout le quatrième livre. L'existence de formes diverses possédant la même composition chimique est un phénomène que nous savons aujourd'hui être très général, probablement même commun à tous les corps sans exception. Il présente donc une importance théorique capitale.

M. Wallerant fait remarquer très justement qu'une explication complète de ce phénomène est aujourd'hui impossible, car il nous faudrait savoir pourquoi telles molécules choisissent tel réseau plutôt que tel autre; connaître, en d'autres termes, les rapports entre la constitution chimique et la forme cristalline, qui existent certainement, mais dont nous ne soupçonnons même pas la nature. Mais, à défaut de théorie générale, nous pouvons étudier de plus près les faits; ne pouvant pas encore faire la synthèse des phénomènes, nous pouvons les analyser mieux qu'on ne l'a fait jusqu'ici, car on s'est trop contenté de décrire minutieusement les faits isolés sans essayer de chercher les analogies et les différences qui peuvent exister entre eux. Profitant des observations antérieures et des nombreuses recherches qu'il a faites lui-même, l'auteur a mis un peu d'ordre dans cette accumulation de faits en apparence contradictoires, en montrant que le phénomène est beaucoup plus complexe qu'on ne l'avait cru, et que, si, dans certains cas, les transformations polymorphiques peuvent se soumettre à une interprétation géométrique, dans d'autres elles échappent complètement à nos moyens actuels d'investigation.

En résumé, le livre de M. Wallerant est une précieuse acquisition pour cette branche du savoir trop ignorée encore des physiciens et dont la Physique ne pourra désormais se passer. C'est la première fois qu'on met en pleine lumière les modernes théories de la structure des milieux doués de symétrie, théories qui nous permettent de nous faire une conception précise sur la constitution de la matière en général, car l'état amorphe n'est, en somme, qu'une disposition particulière des éléments qui composent les corps cristallins.

G. Wyrouboff,
Professeur au Collège de France.

Pfanhauser (W.). *Ingénieur.* — **Manuel pratique de Galvanoplastie.** — *Traduit de l'allemand par* M. Ad. Jouve. — 1 *vol in-8° de* 134 *pages, avec* 35 *figures. Ch. Béranger, éditeur. Paris,* 1908.

On trouvera dans cette monographie les procédés qui se rapportent à la galvanoplastie du cuivre, du nickel et de l'acier. L'ouvrage, comme tous ceux, d'ailleurs, qui sont publiés sur les mêmes sujets en Allemagne, ne présente qu'un intérêt relatif; l'absence de critique diminue, en effet, la valeur de ces publications qui, en définitive, constituent surtout une adroite publicité pour les machines et les appareils décrits.

La traduction est correcte, en général, mais renferme quelques expressions qui choquent, telles, par exemple, que sulfate éthylique de magnésie, sels éthyliques, pour éthylsulfate de magnésie, éthylsulfates, etc.

C. Marie,
Docteur ès Sciences.

3° Sciences naturelles

Reclus (Elisée). — **Les Volcans de la Terre.** *Tome I.* — 1 *vol. in-8° de* 328 *pages. Société belge d'Astronomie. Bruxelles,* 1908.

La Société belge d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe a entrepris une œuvre considérable, qui lui vaudra la gratitude de tous ceux qui s'intéressent au volcanisme sous toutes ses formes.

Il s'agit d'un répertoire général des volcans terrestres, limité cependant à la longue période comprise entre le début du tertiaire et l'époque actuelle.

Dans une courte préface, le regretté Elisée Reclus, qui a conçu et mis en train cette œuvre, dont il ne devait pas voir l'exécution, a indiqué ainsi qu'il suit l'ordre *géographique* dans lequel doit être entrepris cet inventaire vulcanologique : « Il nous a paru bon de prendre pour point de départ de notre étude les pays vers lesquels remontent nos connaissances historiques les plus lointaines, c'est-à-dire les régions du centre de l'Ancien Monde où se sont déroulés les événements les plus antiques de notre existence comme humanité consciente. L'Iranie, l'Arménie, la Caucasie, l'Asie-Mineure se présentent successivement dans cet exposé, puis nous aurons à décrire les parages classiques de la Méditerranée où flambent le Vésuve et l'Etna. L'Europe et l'Asie viendront ensuite, puis nous étudierons les guirlandes volcaniques du Kamtchatka, des Kouriles, du Japon, des Philippines, de l'Indonésie, ainsi que les abîmes du Grand Océan et ceux de la mer des Indes. La longue cassure de l'Afrique Orientale avec ses volcans latéraux formera les chapitres suivants, et le bassin de l'Atlantique, ses rivages, ses îles et sa bordure

Digitized by Google

italienne serviront de transition vers le double continent du Nouveau Monde. Enfin, la description de l'Antarctide, avec ses monts éruptifs explorés déjà, nous révélera peut-être l'existence de volcans encore inconnus brûlant sous la glace des banquises. »

Le premier volume vient de paraître. Il comprend une première partie, traitant de l'Asie antérieure, et le commencement de la deuxième partie, consacrée à la Méditerranée et à l'Europe Centrale. Chacune de ces grandes divisions est partagée à son tour en chapitres, ayant pour objet une région naturelle, dont tous les centres volcaniques connus sont successivement passés en revue. Pour ceux-ci, on trouve une description géographique et souvent géologique, et, s'il s'agit d'un volcan actif, un historique des diverses éruptions, ainsi qu'une description sommaire des principaux phénomènes observés.

La bibliographie est renvoyée à la fin de chaque chapitre; elle comprend l'indication des livres et des principales cartes.

En parcourant cette somme énorme de documents précieux, le lecteur sera frappé du nombre des lacunes concernant la constitution pétrographique de beaucoup de centres volcaniques. Quelques-unes d'entre elles auraient pu être comblées, mais la plupart d'entre elles existent réellement dans la littérature scientifique, et ce ne sera pas un des moindres services rendus par ce livre que d'indiquer aux géologues et aux pétrographes les régions sur lesquelles leur activité pourait s'exercer d'une façon féconde.

En souhaitant la bienvenue à cette publication, œuvre collective de savants qui se sont modestement effacés devant le nom illustre d'Elisée Reclus, j'exprime l'espoir d'avoir bientôt à signaler l'apparition du volume suivant.

A. Lacroix,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle.

Pector (Désiré), *Conseiller du Commerce extérieur, Consul général en France du Honduras et du Nicaragua.* — **Les richesses de l'Amérique centrale. Guatémala, Honduras, Salvador, Nicaragua, Costa-Rica.** *Préface de* M. E. Levasseur, *Membre de l'Institut, Administrateur du Collège de France.* — 1 *vol. in-8° de* 363 *pages.* (*Prix* : 7 *fr.* 50.) *E. Guilmoto, éditeur. Paris,* 1908.

M. Désiré Pector a écrit, sur l'Amérique centrale, un livre d'un caractère exclusivement pratique, dont l'objet est de renseigner d'une façon précise les commerçants sur les ressources que présentent les pays de l'Amérique centrale et d'attirer l'attention de nos compatriotes sur leur avenir économique. Il veut montrer dans ce livre que ces contrées ne sont pas caractérisées seulement, comme pourraient le faire croire les informations des journaux, par des crises économiques, des tremblements de terre, des cyclones; elles renferment d'innombrables richesses que l'on connaît mal en France et qui, pourtant, peuvent prendre une importance inattendue, surtout lorsque l'isthme de Panama sera ouvert et que les Républiques du Centre-Amérique se seront unies en une seule grande entité politique, ce qui ne peut manquer de se produire à bref délai.

L'auteur a présenté cette étude économique en amalgamant dans les mêmes chapitres ce qui concerne chacun des cinq États. Ce procédé était justifié par la similitude des climats et des productions.

Décrivant d'abord les côtes et les ports, M. Pector passe en revue les diverses lignes de navigation qui les desservent. Puis il étudie la configuration physique générale de ces pays et les communications et moyens de transport intérieurs. Il passe ensuite à l'examen des divers produits minéraux, végétaux et animaux. Les richesses minérales sont très nombreuses et bien loin d'être toutes mises en exploitation. La flore est d'autant plus variée que le pays, étant très montagneux, se divise en plusieurs zones; les produits végétaux peuvent fournir les aliments les plus divers et les plus rémunérateurs au commerce et à l'industrie.

M. Pector montre l'état actuel et l'avenir des diverses industries, agricoles, minières, alimentaires, textiles, etc., et donne, relativement au commerce, de précieuses indications et des chiffres précis. Les notions pratiques de tout genre les plus utiles sont groupées pour guider tous ceux qui seraient tentés d'aller faire des affaires dans le « Centramérique ». Le livre de M. Pector, « si substantiel et si instructif par l'abondance et la précision des renseignements qu'il fournit », comme le dit M. Levasseur dans la Préface, donne vraiment, sur les républiques de l'Amérique centrale, tout ce qu'a besoin de connaître le commerçant ou le colon qui désire s'y établir.

G. Regelsperger.

Vialleton (L.), *Professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier.* — **Un problème de l'Evolution : La théorie de la récapitulation des formes ancestrales au cours du développement embryonnaire (Loi biogénétique fondamentale de Haeckel).** — 1 *vol. in-8° avec 4 planches hors texte et 244 pages.* (*Travaux et Mémoires de Montpellier. Série scientifique. VI.*) *Montpellier, Coulet et fils, éditeurs; Paris, Masson et Cie, éditeurs,* 1908.

M. Vialleton a eu l'heureuse occasion d'exposer, devant un public composé surtout d'étudiants en Philosophie, un des sujets les plus philosophiques de la Biologie générale, établissant ainsi entre deux facultés trop étrangères l'une à l'autre l'une des nombreuses voies de communication qui peuvent les réunir. Le livre dans lequel il a publié ses conférences est un modèle de critique biologique, et les biologistes trouveront à suivre la discussion de la théorie de la récapitulation un intérêt plus grand encore que les non-biologistes, parce qu'ils comprendront mieux la richesse personnelle des documents apportés par l'auteur à l'appui de la thèse qu'il soutient.

Cette thèse, qui fut celle de Keibel et d'O. Hertwig, est que la théorie de la récapitulation des formes ancestrales au cours du développement embryonnaire, fondée par Meckel et développée surtout, après Fr. Müller, par Haeckel sous le nom de loi biogénétique fondamentale, n'est qu'une métaphore et non l'expression de la réalité. Il n'y a qu'un parallélisme idéal entre le développement des organes dans l'ontogenèse des animaux supérieurs et celui de ces mêmes organes tel que le montre l'anatomie comparée dans les formes permanentes graduellement compliquées des différents êtres. Ce parallélisme n'est que l'expression de lois générales du développement; il n'est pas la répétition de faits héréditaires, comme cela serait si l'on acceptait la loi biogénétique dans le sens strict et usuel. Si l'on veut conserver cette loi pour exprimer ce parallélisme, il vaut mieux substituer à la formule de Haeckel : « récapitulation des formes ancestrales éteintes » celle de Hertwig : « récapitulation des formes qui obéissent aux lois du développement organique et qui vont du simple au complexe ».

Malgré l'autorité de Keibel, d'O. Hertwig et celle de M. Vialleton, certains biologistes, tout en rejetant les précisions de la théorie de Haeckel, auront quelque peine, sans doute, à se soustraire complètement au dogme scientifique dans lequel ils ont été élevés, à la loi de la récapitulation. Les arguments amassés par M. Vialleton sont de nature à détacher de nous les prodiges de la récapitulation, tout en nous laissant attachés à la religion de la loi.

C'est peut-être aller un peu loin que de refuser aux séries anatomiques progressives toute valeur objective et généalogique et de nier que les formes successives du cœur ou de l'oreille interne présentées par un embryon soient dans l'ensemble comparables aux formes que l'anatomie comparée montre exister dans ces organes. Peut-être aussi a-t-on exagéré les différences qui séparent les uns des autres les embryons d'espèces diverses, et n'est-ce pas, en tout cas, dans

Digitized by Google

des organes cœnogénétiques et adaptationnels, comme le sont les annexes embryonnaires, que des différences fondamentales peuvent résider. Il ne faudrait plus mettre à la charge d'une loi modernisée de la récapitulation des parallèles tels que celui du développement du squelette axial, tour à tour membraneux, cartilagineux, osseux, dans la série ontogénique aussi bien que phylogénique. Comme O. Hertwig l'a si bien dit, les organes de l'embryon sont des « organes devenus embryonnaires », qu'on ne saurait comparer aux organes homologues existant à l'état adulte chez les espèces inférieures de la série, mais qui sont comparables (von Baër) aux organes des embryons de ces espèces; tels les arcs branchiaux. Ces organes « sont disposés d'une manière uniforme, commune à un trop grand nombre d'êtres, pour que l'on puisse y voir autre chose que le matériel général d'où sortiront les différenciations particulières ». Mais c'est précisément cette communauté de formes entre organes d'embryons qui fait pressentir une parenté, et qui suscite l'hypothèse d'un stade phylogénique pour arcs branchiaux et autres organes du stade propoisson. Si les organes, tous les organes de l'embryon sont devenus des organes embryonnaires, si par conséquent l'embryon est devenu un embryon, il faut bien, pour qu'il le soit devenu, qu'il ait existé sous une forme ancestrale que, d'ailleurs, nous devons laisser imprécise. Il semblera aussi, sans doute, qu'il y a quelque subtilité à distinguer entre « récapitulation des formes ancestrales » et « récapitulation des formes qui obéissent aux lois du développement organique », et qu'il n'y a qu'un tout petit peu plus de sagesse à préférer la seconde formule à la première, sans que la loi biogénétique fondamentale soit absolument perdue.

Du reste, M. Vialleton n'en veut pas la perte. Car, après avoir rassemblé ses critiques dans d'excellentes conclusions, il consent, en adoptant la seconde formule qui exprime la loi biogénétique, à conserver cette loi « dans un sens métaphorique pour exprimer le parallélisme qui, dans un certain sens, existe entre le développement d'un animal supérieur et celui des formes inférieures du même groupe ». Il semble bien que cette expression « dans un certain sens » soit ici quantitative, et qu'il y ait par conséquent une moyenne mesure à prendre entre l'asservissement à la loi biogénétique et l'affranchissement complet de cette loi. Telle est l'impression qui se dégage de la lecture de l'ouvrage de M. Vialleton, œuvre critique trop distinguée pour ne pas provoquer le lecteur à la discussion la plus attachante et la plus fructueuse.

A. Prenant,
Professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.

4° Sciences médicales

Metchnikoff, Sacquépée, Remlinger, L. Martin, Vaillard, Dopter, Salimbeni, etc. — **Médicaments microbiens. Bactériothérapie, Vaccination, Sérothérapie.** — 1 *vol. de la Bibliothèque de Thérapeutique Gilbert et Carnot.* (*Prix* : 6 *fr.*) *J.-B. Baillière et fils, éditeurs. Paris*, 1908.

Cet ouvrage, élégamment édité, est l'un des premiers parus de la Bibliothèque de Thérapeutique publiée sous la direction de MM. Gilbert et Carnot, le premier, Professeur, le second, Agrégé à la Faculté de Médecine de Paris. Tout ce qui concerne la médication microbienne, depuis la bactériothérapie — chapitre nouveau et original, magistralement exposé par M. Metchnikoff — jusqu'aux divers sérums antidiphtérique (L. Martin), antitétanique (Vaillard et Dopter), antistreptococcique (Besredka), antivenimeux (Calmette), antiméningococcique (Wassermann et Leber), antipesteux (Dujardin-Beaumetz), anticholérique (Salimbeni), etc., se trouve heureusement réuni, et la rédaction en a été faite par l'auteur le plus compétent, dans un but essentiellement pratique et applicable à la thérapeutique.

C'est un excellent et utile ouvrage de vulgarisation.

Dr H. Vincent,
Professeur au Val-de-Grâce.

5° Sciences diverses

Beylié (général L. de). — **Promè et Samara. Voyage archéologique en Birmanie et en Mésopotamie.** — *Publications de la Société française des fouilles archéologiques. Ernest Leroux, éditeur. Paris*, 1908.

M. le général de Beylié, continuant la série de ses travaux archéologiques, a consacré une partie de l'année 1907 à l'étude des fouilles de Promè en Birmanie, et de Samara en Mésopotamie.

Aucun archéologue n'avait encore étudié les ruines de Promè. Nous devons à M. le général de Beylié de savoir aujourd'hui, d'une façon certaine, d'abord que Promè n'a jamais été la puissante cité que l'on a cru, ensuite que l'influence du bouddhisme s'est exercée dans la basse Birmanie, contrairement à l'opinion admise jusqu'ici.

Les documents qu'ont fournis les fouilles de Samara sont d'autant plus précieux que cette ville est la seule cité abbasside que n'aient pas entièrement détruite les guerres et les invasions. Nous connaissions, d'une part, le rôle qu'a joué l'art persan préislamique dans l'architecture musulmane, et nous savions, d'autre part, que l'art musulman avait été influencé par l'art des premiers Abbassides. Mais, à cette chaîne, un maillon manquait. Il ne fait plus défaut désormais.

Nous voulons espérer que ces quelques lignes suffiront à montrer le service signalé que M. le général de Beylié a rendu à l'archéologie, en exécutant ses fouilles.

Reclus (Onésime). — **Manuel de l'Eau.** — 1 *vol. in-4° de* 102 *pages, avec nombreuses photographies, édité par le Touring-Club de France. Paris*, 1908.

C'est une belle œuvre, la plus belle de toutes celles qu'il pouvait entreprendre, à laquelle s'est attaché le Touring-Club : enseigner aux jeunes Français à conserver et à accroître les richesses naturelles de leur pays. Nous souhaiterions que le livre de M. Onésime Reclus pût être mis entre les mains de tous les enfants et de tous les jeunes gens, afin que cette vérité première entrât dans les cerveaux, même les plus rebelles : « Pas d'arbres, pas d'eau; pas d'eau, pas de civilisation. » Il faut avoir vu la laideur des monts déboisés et la désolation des pays désertiques, pour comprendre la misère des régions où l'eau fait défaut. Dans son ardente patrie, le poète oriental, qui vit sur une terre altérée, garde, dans tous ses chants, la nostalgie des parcs et des jardins où l'Arbre et l'Eau répandent l'ombre et la fraîcheur.

Il nous souvient d'avoir vu, à Sienne, les fresques célèbres où le pinceau de Lorenzetti, interprète de l'esprit qui régnait dans la fière bourgeoisie du Trecento, a représenté, d'une façon réaliste, les suites d'une bonne et d'une mauvaise administration. Quel ministre de l'Instruction publique proposera de mettre, dans toutes les salles d'école et de mairie, des tableaux bien parlants, où l'on montrerait à nos paysans, jeunes et vieux, comment se répercutent, sur la prospérité publique, les conséquences du déboisement et de l'assèchement? En attendant qu'un Parlement, trop préoccupé des intérêts de clocher, trouve, sur un budget de plusieurs milliards, les quelques centaines de mille francs qui permettraient de réaliser cette œuvre d'intérêt public, la propagande du Touring-Club, les belles publications de son éminent collaborateur, M. Onésime Reclus, aideront peut-être à ralentir, dans quelques régions, les progrès du mal.

Superbement édité, enrichi de photographies dues à un artiste au talent duquel la *Revue générale des Sciences* est heureuse de rendre hommage, — M. Lucien Boulanger, — le Manuel de l'Eau, cependant œuvre de vulgarisation, peut figurer dans les bibliothèques les plus luxueuses. Et aucun de ceux qui prendront la peine de l'ouvrir ne le fermera sans donner une pensée de reconnaissance à M. Onésime Reclus et au Touring-Club de France.

L. R. C.

Digitized by Google

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 30 Novembre 1908.

M. le Président annonce le décès de **M. Albert Gaudry**, membre de l'Académie, et celui de **M. Fliche**, membre correspondant pour la Section d'Economie rurale.

1° Sciences mathématiques. — **M. Haton de la Goupillière** a étudié une famille de surfaces à front générateur, dites surfaces nautiloïdes, ayant comme module de similitude le rayon vecteur de la directrice, qui est essentiellement une spirale logarithmique. — **M. Tzitzeica** présente ses recherches sur les réseaux conjugués à invariants égaux. — **M. A. Demoulin** communique le résultat de ses études sur la cyclide de Lie. — **M. L. Fejer** a essayé de déterminer, par la méthode de M. Darboux, l'expression asymptotique d'un nombre a_n, dépendant d'un grand indice n, dans quelques cas particuliers. — **M. T. Lalesco** présente ses recherches sur une classe d'équations différentielles linéaires d'ordre infini et leurs rapports avec l'équation de Volterra. — **M. H. Deslandres** est parvenu à enregistrer complètement la couche supérieure de l'atmosphère gazeuse du Soleil, caractérisée par la raie K^2 du calcium. Le caractère principal des images est l'apparition, au milieu des flocculi brillants, de longues lignes noires, ou *filaments*, prolongées par des *alignements* moins nets et moins continus; en outre, on y observe de grandes plages noires très larges à limites indécises. Le filament paraît correspondre à la tache des couches inférieures. — **MM. Baldet** et **Quénisset** ont obtenu à l'Observatoire de Juvisy 96 photographies de la comète Morehouse. La queue de la comète a présenté le plus souvent des masses lumineuses intenses, dont la vitesse va en s'accroissant de la chevelure aux extrémités de la queue. Trois fois, la queue s'est brisée près de la chevelure.

2° Sciences physiques. — **M. Chaudesaigues** a reconnu que la formule d'Einstein, qui donne l'activité du mouvement brownien en fonction de la viscosité, du temps et du rayon des particules, se vérifie expérimentalement sur les émulsions de gomme gutte. — **M. Ed. Chauvenet** a obtenu le chlorure de thorium anhydre $ThCl^4$ en faisant réagir à haute température $COCl^2$ sur ThO^2. Dissous dans l'eau et évaporé au bain-marie, il donne le chlorure anhydre à 7 H^2O, qui, chauffé dans un courant de HCl, forme l'oxychlorure $Th(OH)Cl^3.H^2O$. — **M. F. Ducellier**, en faisant réagir les vapeurs de $SbCl^3$ sur Co ou les alliages Co-Sb en poudre, a obtenu les antimoniures de cobalt Co Sb ($d = 8,12$) et Co Sb^2 ($d = 7,76$). — **M. Ed. Defacqz**, en faisant réagir la silice sur l'oxyde d'uranium par voie aluminothermique, a obtenu la siliciure d'uranium Si^2Ur ($d = 8$). — **M. L. Michel** a déterminé la composition des colloïdes hydro-oxy-chloroferriques par la filtration au travers des membranes de collodion. Le rapport Cl : Fe y est très variable. — **M. A. Verneuil** estime que l'expérience récente de M. Paris, à savoir que la coloration du cobalt ne se développe que dans l'alumine fondue et solidifiée à l'état amorphe, démontre que le saphir, incontestablement cristallisé, ne peut être coloré par l'oxyde de cobalt; la synthèse de cette gemme est donc encore à faire. — **M. Alb. Colson** a constaté que le benzoate d'éthyle, chauffé en tubes scellés à 306°-310°, se décompose quantitativement en acide benzoïque et éthylène. Ce mode de formation des carbures éthyléniques paraît général avec tous les éthers-sels. — **M. M. Godchot**, en hydrogénant le triphénylméthane par la méthode de MM. Sabatier et Senderens, a obtenu le tricyclohexylméthane $(C^6H^{11})^3CH$, Eb. 140° sous 20 millimètres. — **M. L. Guignard** a observé qu'un tiers de la phaséolunatine des graines de *Phaseolus lunatus* est détruit progressivement au cours de la germination; s'il se forme HCAz durant cette destruction, il disparaît aussitôt formé pour entrer dans de nouvelles combinaisons. — **MM. R. Lépine** et **Boulud** ont constaté que, dans le sang du chien et de l'homme, la proportion du sucre virtuel, par rapport au sucre total, est presque toujours très considérable et en même temps varie notablement suivant les conditions où se trouve l'animal.

3° Sciences naturelles. — **M. C. Fleig** a constaté que la diurèse provoquée par les sérums à minéralisation complexe est plus abondante et plus rapide, à la fois pour l'élimination de l'eau et celle des matériaux dissous, que la diurèse provoquée par l'injection d'eau salée. — **MM. J. Sabrazès** et **G. Guérive** ont employé avec succès le sulfate d'hordénine comme agent thérapeutique dans les affections gastro-intestinales et les cardiopathies. — **M. P. Bonnier** montre que l'éblouissement est le correspondant visuel de l'étourdissement; il peut être produit par une sorte de crampe de la musculature externe de l'œil (alors on voit bleu, d'où éblouir), ou par la syncope brusque de cette musculature (on ne voit plus). — **M. V. Balthazard** est parvenu à identifier une empreinte de main ensanglantée sur un drap par l'examen des gros plis de la paume ou du bord cubital. — **MM. A. Thiroux** et **A. Teppaz** ont retrouvé, dans la lymphangite épizootique des Equidés, le *Leucocytozoon piroplasmoïdes* de Ducloux, qu'ils rangent à côté de l'*Helcosoma tropicum*. La lymphangite épizootique serait donc, dans l'espèce équine, l'analogue du bouton d'Orient chez l'homme. — **M. A. Menegaux** montre que les Paresseux en liberté paraissent être uniquement phyllophages, qu'ils ont une position de repos et de sommeil qui n'est pas la suspension, enfin qu'ils ne sont pas essentiellement et exclusivement arboricoles, puisqu'ils peuvent progresser sur le sol. — **M. R. Minkiewicz** a reconnu que les Pagures sont chlorotropes; placés entre deux couleurs, dont une verte, ils se dirigent toujours vers le vert. — **M. L. Duparc** a découvert, dans le gabbro du Joubrechkine Kamen (Oural du Nord), des amas et traînées d'une roche noirâtre, chargée de magnétite, qui constitue un minerai de fer renfermant jusqu'à 58,4 % de Fe^2O^3. — **M. G. Eisenmenger** et **Mlle J. Duprat** retracent l'histoire géologique, très compliquée, du Neckar et du Main et montrent que le système hydrographique de ces deux fleuves n'a pas encore atteint un état définitif. — **M. Commont** a reconnu que la position stratigraphique du gisement de Belloy-sur-Somme est nettement au sommet de l'ergeron; l'industrie de ce gisement est présolutréenne (âge du cheval). — **M. J. Boussac** a constaté que le Nummulitique, localisé au centre du géosynclinal alpin à l'époque lutétienne, s'étale largement sur ses bords pendant le dépôt des étages anversien et bartonien; la transgression se fait du centre vers les bords du géosynclinal. — **M. L. Cayeux** a découvert, dans une nappe d'alluvions fluviatiles de l'île de Délos, une molaire qui paraît se rapporter à l'*Elephas antiquus*. — **M. A. Letalle** a relevé la température et la densité de l'eau de mer entre Dieppe et Newhaven le 28 juillet dernier. La densité augmente de la côte française à la côte anglaise; mais, tandis qu'en octobre l'augmentation est à peu près régulière, en juillet, on a constaté deux minima à 10 et à 30 milles de Dieppe, dus peut-être à un apport d'eau douce par deux branches de la Seine.

Digitized by Google

Séance du 7 Décembre 1908.

Séance anniversaire annuelle. M. **Ch. Bouchard** retrace la vie et l'œuvre des membres de l'Académie décédés pendant l'année; puis il procède à la remise des prix décernés par l'Académie. — M. **Ph. van Tieghem** lit une notice sur la vie et les travaux de Pierre Duchartre.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 1er Décembre 1908.

M. **M. Letulle** est élu membre titulaire dans la Section d'Anatomie pathologique.

M. **Paul Reynier** signale les résultats très remarquables qu'il a obtenus par les injections sous-cutanées de cinnamate de soude dans le traitement de la tuberculose pulmonaire et des tuberculoses externes : les forces se relèvent, l'appétit augmente, la toux et l'expectoration diminuent pour cesser ensuite complètement. L'acide cinnamique agit par l'hyperleucocytose qu'il provoque et par une spécificité de localisation qui détermine la cicatrisation des lésions. — M. **G. Weiss** a constaté que les échanges respiratoires sont notablement supérieurs chez le nourrisson à ce qu'ils sont chez l'adulte ; cela peut tenir, d'une part, à l'état de mouvement souvent prononcé chez le nourrisson, d'autre part à la supériorité de l'indice d'oxygénation chez le nourrisson.

Séance du 8 Décembre 1908.

MM. **Unna** et **Pick** sont élus correspondants étrangers dans la Division de Médecine.

M. **R. Blache** présente un Rapport sur les travaux adressés à la Commission permanente de l'Hygiène de l'enfance en 1907-1908. Ce qui en ressort d'une façon générale, ce sont les progrès de l'application de la loi Roussel et une diminution correspondante de la mortalité des nourrissons. — MM. **R. Blanchard, Ch. Leroux** et **R. Labbé** signalent un nouveau cas de *Dipylidium caninum* observé à Paris sur une fillette de treize mois. Ce parasite est fréquent chez le chien et le chat, qui peuvent le transmettre à l'homme, ainsi que d'autres maladies. A la demande des auteurs, l'Académie émet le vœu : que la population soit avertie des dangers que lui font courir le chien et le chat, ainsi que des mesures à prendre pour rendre inoffensifs ces utiles animaux domestiques. — M. le Dr **Ausset** lit un travail sur le bilan des consultations de nourrissons et gouttes de lait. — M. **Marmorek** donne lecture d'une étude sur le diagnostic de la tuberculose par la méthode de la déviation des compléments. — MM. **Méry, Dufestel** et **Armand-Delille** présentent un travail sur la valeur du diagnostic précoce de la tuberculose infantile par la méthode de Grancher confirmée par l'ophtalmo-réaction.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 Novembre 1908.

M. **G. Weiss** déduit de ses mesures sur la température de la grenouille dans les gaz inertes que le CO^2 qu'elle continue à émettre dans ce cas ne se produit pas par combustion aux dépens des réserves d'O libres ou faiblement fixées dans l'organisme. — MM. **A. Brissemoret** et **R. Combes** montrent que le juglon, élaboré par la racine et conduit par le liber des tiges jusqu'à la gaine des feuilles de noyer, est déversé dans le parenchyme qui entoure les nervures pour constituer un élément de défense de la plante contre ses ennemis extérieurs. — MM. **L. Rénon** et **A. Delille** ont constaté, chez les lapins auxquels ils ont fait des injections intra-péritonéales d'extrait d'hypophyse, des modifications très remarquables de la thyroïde. — MM. **Cl. Regaud** et **G. Dubreuil** ont observé qu'un isolement de trois mois fait disparaître, dans l'immense majorité des cas, les dernières traces de corps jaunes antérieurs chez la lapine; le voisinage immédiat, mais sans accouplement possible, avec le mâle est insuffisant pour provoquer l'ovulation. — MM. **W. Oechsner de Coninck** et **E. Chauvenet** décrivent quelques réactions de l'iodoforme. — M. **F. Battelli** et Mlle **L. Stern** ont reconnu que le canard présente une très grande excitabilité du nerf vague, ce qui en fait un animal de choix pour les recherches sur les effets de ce nerf. — MM. **J. Escallon** et **A. Siore** recherchent l'indol dans les cultures microbiennes à l'aide du furfurol, avec lequel il donne une belle coloration jaune orange en présence de quelques gouttes de HCl. — M. **P. Remlinger** a constaté que les tout jeunes chiens (deux à trois semaines) sont capables de contracter la rage comme les vieux et que la maladie y est souvent plus prononcée. — MM. **Ch. Achard** et **Ch. Foix** décrivent une technique destinée à mesurer l'activité des leucocytes d'après leur aptitude à capter les levures de muguet. — MM. **C. Fleig** et **M. Lisbonne** ont poursuivi leurs recherches sur le diagnostic du kyste hydatique par précipitation du liquide hydatique avec le sérum des malades. La précipitation a lieu en sept à dix heures; le liquide hydatique, conservé aseptiquement, précipite encore au bout de quinze mois. — M. **J. Mawas** confirme les résultats de MM. Morat et Doyon sur l'accommodation, le grand sympathique étant le nerf qui adapte l'œil à la vision éloignée. — MM. **J. Nageotte** et M. **Léon-Kindberg** ont constaté l'existence de nodosités des prolongements protoplasmiques des cellules de Purkinje dans un cas d'idiotie familiale avec atrophie cérébelleuse et dégénération des cordons postérieurs, des faisceaux pyramidaux et des faisceaux cérébelleux directs.

M. **Etienne Sergent** est élu membre titulaire de la Société.

Séance du 5 Décembre 1908.

M. **E. Feuillié** a observé, à la suite d'injections de cantharidine chez le lapin, un flux de leucocytes au niveau du rein ; à leurs dépens se forme rapidement du tissu conjonctif, avec production de sclérose. — M. **P. Wintrebert** a obtenu, par remise à l'eau au cours de la métamorphose, un demi-amblystome à branchies, qui présente à la fois des caractères d'amblystome et des caractères d'axolotl. — MM. **J. Nageotte** et **M. Léon-Kindberg** ont observé chez quatre malades une tuméfaction fusiforme du cylindraxe des cellules de Purkinje. — MM. **Ch. Achard** et **Ch. Foix** ont étudié le pouvoir leuco-activant des humeurs au moyen du procédé aux levures de muguet. — MM. **Ch. Achard** et **M. Aynaud** ont constaté que la peptone agglutine les globulins, morts ou vivants; l'agglutination est empêchée par le citrate de soude. — M. **C. Fleig** a pratiqué des injections sous-cutanées, intramusculaires et intra-veineuses d'eau de La Bourboule chez l'animal et chez l'homme. Chez ce dernier, il a obtenu des résultats thérapeutiques dans quelques maladies de la peau, l'anémie, les adénopathies tuberculeuses, etc. — MM. **C. Fleig** et **M. Lisbonne** ont reconnu que les aldéhydes formique et cinnamique exercent sur le rein une action vaso-constrictive intense. — MM. **J. E. Abelous** et **E. Bardier** ont constaté que l'urohypertensine disparaît de l'urine après quelques jours d'un régime végétarien. — M. **Weinberg** a observé l'athérome spontané dans 4 à 19 % des cas examinés chez le lapin. Les lésions sont identiques à celles de l'athérome expérimental. — MM. **Weinberg** et **Parvu** ont observé que le sérum de malades atteints d'échinococcose renferme des anticorps spécifiques, dont la recherche peut servir au diagnostic différentiel chez les malades porteurs de tumeurs abdominales. — M. **R. Lépine** estime que l'adrénaline, produite au voisinage immédiat d'une fibre sympathique, pourrait diffuser jusqu'à celle-ci et amener une excitation générale du sympathique avec toutes ses conséquences. — M. **Cl. Regaud** montre que les mitochondries ne sont pas des éléments immuables du protoplasma; les varia-

Digitized by Google

tions des mitochondries du syncytium et le développement des spermies sont connexes. — MM. **G. Mouriquand** et **A. Policard** ont étudié les altérations de la glande parotide dans l'intoxication expérimentale par le sublimé ; elles sont beaucoup moins intenses que celles du rein. — MM. **H. Busquet** et **V. Pachon** ont constaté que l'irrigation du cœur de la grenouille *in situ* par des solutions isotoniques de sels de sodium fait disparaître l'effet inhibiteur ordinaire de l'excitation électrique du vague ou du sinus. — MM. **M. Doyon**, **Cl. Gautier** et **A. Policard** ont vu, chez le chien sous l'influence du chloroforme, l'urobiline augmenter dans l'urine et apparaître dans le sérum. — **M. G. Rosenthal** montre que les injections d'électrargol et d'électropalladium peuvent prévenir ou guérir l'infection suraiguë du cobaye par la bactérie anaérobie du rhumatisme. — MM. **Enriquez** et **M.-E. Binet** ont observé que, chez certains glycosuriques, le taux de l'amylase urinaire est plus élevé que chez les non glycosuriques. La diminution de la glycosurie s'accompagne d'une diminution proportionnelle de l'amylase urinaire. — **M. Ph. Russo** a constaté que les fleurs de la série cyanique sont toutes acides ; il existerait dans ces fleurs un seul pigment, changeant de teinte suivant le plus ou moins d'acidité des fleurs. — MM. **F. Mesnil** et **E. Brimont** ont découvert dans le sang d'un Edenté, le *Choloepus didactylus*, un hématozoaire nouveau, qu'ils nomment *Endotrypanum Schaudinni*. — **M. G. Patein** a étudié le sérum d'un homme intoxiqué par l'oxyde de carbone : il est coloré en rose ; la proportion de sérine est notablement augmentée, tandis que la globuline est diminuée. — MM. **Chiray** et **A. Sartory** ont reconnu que le rein est imperméable aux agglutinines et aux sensibilisatrices typhiques.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séance du 5 Novembre 1908.

MM. **D. Calugareanu** et **J. Dragoin** ont constaté que, chez les Gastéropodes pulmonés, il n'y a qu'une lamelle cellulaire qui sépare le liquide sanguin de l'air intra-pulmonaire, l'endothélium capillaire faisant défaut. — **M. Manicatide**, dans une série de 112 cas de méningite, a reconnu d'une façon certaine le bacille tuberculeux par l'examen microscopique du caillot très fin qui se forme dans le liquide céphalo-rachidien ponctionné. — Le même auteur a trouvé cinq fois, sur 54 cas de colite infantile, le bacille dysentérique ou des espèces rapprochées. — **M. G. Marinesco** a constaté que tout foyer de ramollissement cérébral peut être neurotisé à un moment donné de son évolution, mais les fibres de nouvelle formation représentent une régénérescence anatomique et ne peuvent donner lieu à une restauration fonctionnelle. — MM. **A. Slatineanu** et **D. Danielopolu** ont obtenu, dans 65 % des cas, une réaction thermique des lépreux à l'injection de tuberculine et une ophtalmo-réaction positive; ils pensent que les lépreux qui réagissent sont en même temps tuberculeux. Les mêmes malades ont, en général, donné aussi une réaction de Bordet-Gengou positive.

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séance du 17 Novembre 1908.

M. L. Bordas a constaté que la glande arborescente gauche de la blatte femelle sécrète des cristaux de carbonate de chaux, qui servent à l'édification de la coque ovigère. — **M. G. Daumézon** a trouvé une espèce nouvelle d'Ascidie composée, qu'il nomme *Distoma posidoniarum*, sur les fonds de l'île de Pomègue. — **M. C. Gerber** a déterminé le taux de minéralisation du lait nécessaire à sa caséification normale, aux températures élevées, par les présures des mammifères; il est plus faible avec les alcalino-terreux qu'avec les alcalins. — MM. **D. Olmer** et **J. Monges** montrent que la diminution du taux d'utilisation des graisses chez les typhiques vient d'une insuffisance d'action des ferments lipasiques. — **M. A. Raybaud** a reconnu que les eaux du canal de Marseille sont manifestement impures et renferment toujours le colibacille en assez grande quantité.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 Novembre 1908.

M. P. Villard : *Sur l'induction unipolaire et la cause probable des aurores polaires.* Dans l'expérience classique de l'induction unipolaire, l'aimant n'est le siège d'aucun couple d'entraînement ; la réaction exigée par la loi de Lenz se produit entre la partie mobile et la partie fixe du circuit, et non entre l'aimant et la partie mobile. Cette manière de voir, conforme aux idées d'Edlund, conduit à admettre avec Vaschy que la rotation d'un aimant cylindrique autour de son axe n'entraîne pas la rotation du champ, et que les phénomènes d'induction ne sont nullement modifiés quand l'aimant, au lieu d'être fixe, est attaché au circuit mobile. On sait qu'un circuit métallique fermé tournant autour d'un aimant n'est le siège d'aucun courant induit ; inversement, s'il est parcouru par un courant, il ne tend pas à tourner. L'expérience prouve que, si l'on remplace une partie du conducteur métallique par un arc, la rotation se produit, indiquant, d'après le principe de la réversibilité, que ce circuit particulier est, pendant son mouvement, le siège d'une force électromotrice d'induction. Il est, d'ailleurs, indifférent que l'aimant, autour duquel tourne l'appareil, soit lié ou non à ce dernier; les actions et réactions s'exercent entre le conducteur métallique et les ions s'échappant de l'arc sous l'influence du champ. M. Villard montre que la Terre, tournant dans son propre champ, constitue un système analogue au précédent : dans chaque hémisphère, le sol conducteur est le siège d'une force électromotrice (100.000 à 150.000 volts) qui peut donner lieu à des décharges atmosphériques qui ne ferment pas le circuit au point de vue induction et ne neutralisent pas la force électromotrice induite dans le sol. Ces décharges se produiraient à l'altitude pour laquelle la raréfaction de l'air est telle que le potentiel explosif ne dépasse pas 100.000 volts pour une distance égale à un quadrant terrestre. Cette altitude étant considérable, il se produirait des rayons cathodiques, dont l'enroulement dans le champ terrestre donnerait la nappe en éventail que l'auteur considère comme identique à l'aurore polaire. La communication électrique entre cette couche atmosphérique et le sol se ferait par les ions des couches inférieures et serait ainsi sous la dépendance des conditions météorologiques et de l'activité solaire. L'altitude calculée par la loi de Paschen est de 100 à 150 kilomètres (valeur du minimum nécessaire); elle est tout à fait de même ordre que celle qu'on attribue généralement à l'aurore. — MM. **C. Chéneveau** et **A. Laborde** : *Appareils pour la mesure de la radio-activité d'après la méthode électroscopique.* L'un des auteurs a déjà fait construire par la Société centrale de produits chimiques, d'après les indications de Curie, un modèle commode d'électroscope. MM. Chéneveau et Laborde ont appliqué cette nouvelle forme de l'appareil à la réalisation d'instruments de mesure dont les avantages pratiques puissent permettre à n'importe quel physicien ou chimiste d'obtenir aisément la valeur de la radio-activité d'un corps solide, liquide ou gazeux. L'électroscope, muni de son microscope à micromètre oculaire et de quelques légers perfectionnements, peut s'adapter, soit sur un appareil dans lequel seront placés les *corps solides* dont on veut mesurer la radio-activité, soit sur un cylindre hermétiquement clos dans lequel seront introduits les *gaz radio-actifs*, soit sur tout autre appareil, pourvu que celui-ci ait un col auquel s'adapte l'électroscope. Le *même électroscope* peut ainsi servir à des *expériences multiples*. La feuille d'aluminium est isolée par de l'ambroïde ; pour que la cage de l'électroscope reste complètement close,

Digitized by Google

les auteurs ont été conduits à faire communiquer la feuille avec l'extérieur par l'intermédiaire d'une tige qui traverse l'ambroïde. Ce dispositif entraîne nécessairement deux surfaces de fuite le long de l'isolant. On l'a pourtant adopté afin que l'électroscope reste complètement à l'abri des poussières radio-actives et que, seuls, les appareils accessoires puissent se salir ; ceux-ci sont d'ailleurs démontables et leur nettoyage se fait sans difficulté. Pour la mesure de la radio-activité des *corps solides*, il suffit de comparer les vitesses de chute de la feuille relatives à de l'oxyde noir d'uranium et au produit mesuré, distribués sur des surfaces égales dans l'appareil à solides. Pour l'*émanation du radium*, les mesures peuvent donner, en valeur absolue, les quantités d'émanation. Les auteurs ont pris comme unité de quantité d'émanation le *milligramme-minute*, c'est-à-dire la quantité d'émanation que peut fournir un milligramme de bromure de radium pur en une minute (Curie et Laborde). Comme la vitesse de chute de la feuille d'aluminium, produite par une quantité donnée d'émanation, ne serait pas la même pour des feuilles d'aluminium de sensibilités différentes, on a déterminé expérimentalement que 0 milligr. 34 : m, introduits dans le cylindre, provoquent, trois heures après leur introduction, une vitesse de chute V de la feuille égale à celle que produit le disque d'uranium dans l'appareil à solides. Si l'on introduit une quantité x d'émanation dans le cylindre et si la feuille d'aluminium tombe avec une vitesse v, la quantité x sera donnée par la relation $x = 0{,}34\,\frac{v}{V}$. La position du microscope est repérée pour que les vitesses de chute soient toujours mesurées dans les mêmes conditions. Ainsi l'appareil se prête facilement aux mesures de radio-activité de minerais, et, étalonné, permet l'étude de la radio-activité des eaux minérales et le dosage du radium par son émanation.

Séance du 4 Décembre 1908.

M. Chassagny présente un *appareil pour la mesure optique des courbures*. L'appareil se compose d'un viseur ordinaire, dont le réticule se trouve dans le plan conjugué, par rapport à l'objectif, d'un objet situé à une quinzaine de centimètres devant l'objectif. En outre, un quadrillage est placé dans le plan focal de l'objectif et peut être éclairé par une source latérale, suivant le procédé habituel employé en autocollimation. Pour mesurer le rayon de courbure d'une surface sphérique optique, on dirige ce viseur vers cette surface et l'on vise, en se servant du réticule comme repère, soit la surface réfléchissante elle-même, soit l'image du quadrillage obtenue par réflexion sur la surface étudiée et qui se trouve alors dans le plan focal du miroir sphérique qu'elle constitue. La distance des deux positions successives du viseur donne la moitié du rayon de courbure de la face étudiée. Pour déterminer le grossissement de la lunette de Galilée, il suffit, comme on sait, de mesurer le rapport du diamètre de l'objectif à celui du disque oculaire. Le diamètre de l'objectif s'obtient aisément. Pour avoir le diamètre du disque oculaire, ici virtuel, on utilise une chambre claire : une glace transparente, placée à 45° sur l'axe de la lunette, en dehors d'elle, du côté de l'oculaire, permet d'obtenir une image virtuelle du disque oculaire, égale à celui-ci et qui se trouve alors à l'extérieur de la lunette; à l'aide d'un double-décimètre qu'on amène dans le plan de cette image virtuelle, il est facile de mesurer le diamètre du disque oculaire. Le grossissement de la lunette se déduit des deux déterminations précédentes. — **M. G. Millochau** rend compte des travaux qu'il a exécutés, en collaboration avec **M. Ch. Féry**, en 1907, *sur la température du Soleil et sur la détermination de la constante solaire*. Après avoir rappelé les résultats trouvés en 1906, c'est-à-dire 5.663° pour la température effective du centre de l'image solaire et 6.132° pour celle du noyau photosphérique, l'auteur expose que les recherches ont été reprises en 1907, à l'Observatoire Janssen du sommet du mont Blanc. MM. Féry et Millochau se proposaient : 1° de reprendre les mesures de 1906; 2° de comparer les mesures faites avec le télescope pyrhéliométrique à celles d'un actinomètre nouveau imaginé par M. Féry. Cet actinomètre est composé d'un cylindre de fer formant une des soudures d'un couple thermo-électrique constantan-fer; ce cylindre, qui contient une résistance en fil fin, peut être chauffé par un courant électrique soigneusement mesuré, ou être exposé au rayonnement solaire. On étalonne l'instrument en mesurant le nombre de watts qu'il faut faire passer dans la bobine pour faire produire au couple une déviation déterminée d'un millivoltmètre, lorsqu'il y a équilibre de température. Ce nombre représentera donc l'énergie reçue par le système, lorsque, étant exposé au soleil, il produira cette même déviation au cours d'une mesure statique. Pendant un séjour de douze jours au sommet, M. Millochau put profiter de six belles journées, dont une particulièrement belle, le 22 août 1907. Avec le télescope pyrhéliométrique, les résultats suivants ont été obtenus : 5.555° pour la température effective du centre de l'image solaire; 6.042° pour celle de la photosphère. Les mesures avec l'actinomètre montrent que l'inertie de l'instrument produit un retard apparent de 23 minutes sur les indications trouvées. Avec cet appareil, il a été trouvé, le 22 août, à midi 4^m,0,36 millivolt correspondant à 0,151 watt ou 2,16 calories. Si l'on corrige de l'action atmosphérique terrestre, on trouve pour la constante solaire $A_w = 0{,}166$ watt ou 2,38 calories. On peut également de cette mesure déduire approximativement la température effective moyenne du Soleil. Il suffit de pointer l'actinomètre sur un four de température connue et de tenir compte des diamètres apparents du Soleil, d'une part, et de l'ouverture du four, d'autre part; on trouve ainsi :

Four à	1663°,	température du Soleil,	5696°
—	1623°	—	5695°
—	1280°	—	5667°

Malgré la concordance apparente des nombres, cette mesure est très grossière par comparaison avec celle faite par le télescope. — **M. H. Abraham** présente un *récepteur monophonique de grande sensibilité à note réglable*. Depuis les premières expériences de Laborde (1860) et les essais ultérieurs de De Coucy (1865), de Lacour (1875) et de Elisha Gray (1875), ce sont les travaux de M. Mercadier qui ont surtout contribué à rendre pratique le système de télégraphie multiplex fondé sur l'emploi de récepteurs monophoniques, c'est-à-dire d'appareils qui entrent en résonance mécanique franche lorsqu'ils reçoivent des courants ondulatoires accordés sur la période de leurs oscillations propres. Les propriétés sélectives des récepteurs monophoniques sont aussi appelées à rendre de grands services en télégraphie sans fil (Blondel, 1898), pourvu qu'ils puissent être facilement réglables et extrêmement sensibles. Le récepteur monophonique de M. Abraham a été réalisé sur ses indications par MM. Ducretet et Royer, *en utilisant un téléphone ordinaire d'un modèle quelconque*, auquel on a fait subir des modifications peu importantes. La membrane de tôle ayant été retirée, l'armature vibrante est formée par une lamelle de fer qui couvre juste l'électro-aimant. Cette armature est portée par deux fils d'acier tendus parallèlement qui la maintiennent à la distance voulue des pôles. Ce système de suspension, analogue à celui du fréquencemètre Pierre Weiss, a une excellente élasticité, en sorte que la vibration propre de l'appareil donne un son musical. On fait varier à volonté la hauteur de ce son, au moyen d'une vis de réglage aisément accessible, qui agit de l'extérieur sur la tension des fils d'acier. L'amplitude du réglage est aussi grande qu'on le veut (elle peut être de plusieurs octaves), *et la sensibilité de ce récepteur monophonique a été trouvée nettement plus grande que celle des récepteurs ordinaires non modifiés*.

Digitized by Google

L'auteur termine en signalant que ses premières publications ont engagé M. Blondel à faire connaître des essais qu'il avait faits autrefois sur des récepteurs monophoniques. L'appareil de M. Blondel, que M. Abraham présente à la Société, comporte comme organe sensible une lame vibrante actionnée par un électro-aimant. On peut faire varier la note propre de l'appareil au moyen d'une forte pince qu'on déplace le long de la lame vibrante. L'appareil est très robuste et d'un réglage facile, sans avoir la grande sensibilité des récepteurs de M. Abraham.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 27 Novembre 1908.

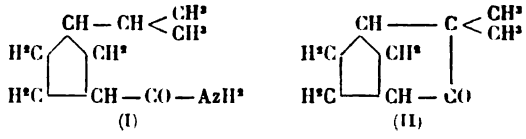
M. H. Copaux a repris l'ancien travail de Daniel Klein sur les borotungstates. Il en confirme la donnée principale, c'est-à-dire l'existence de deux séries de borotungstates, mais il en modifie complètement les formules. Les acides borotungstiques ne sont pas, comme l'écrivait Klein :

$B^2O^3.14TuO^3.3H^2O + aq$ et $B^2O^3.9TuO^3.2H^2O + 22H^2O$.

Ils ont pour formules véritables :

$B^2O^3.28TuO^3.6H^2O + 56H^2O$ et $B^2O^3.24TuO^3.5H^2O + 61H^2O$.

Le second de ces corps est le plus important; il est très stable et donne des sels bien cristallisés. Il est isomorphe avec l'acide silicotungstique, $Si^2O^4.24TuO^3.4H^2O + 62H^2O$, bien qu'il ait une autre basicité ; c'est en cela que réside sa propriété la plus intéressante. De même, le borotungstate de potassium : $B^2O^3.24TuO^3.5K^2O + 36H^2O$, a une autre formule que le silicotungstate : $Si^2O^4.24TuO^3.4K^2O + 36H^2O$, bien qu'il ait les mêmes caractères cristallographiques, y compris le pouvoir rotatoire des cristaux, dont la recherche a été le but premier du travail de M. Copaux. Ces exemples montrent une fois de plus que la loi de Mitscherlich n'est pas d'une application générale et que deux substances isomorphes peuvent avoir des compositions différentes. — M. Béhal présente, au nom de MM. **Valentiner** et **Schwarz**, une Note dans laquelle ces derniers contredisent les affirmations de M. Auger et maintiennent que leur solution aqueuse saturée de fluoroforme est bien conforme aux données énoncées par eux. **M. V. Auger** maintient ses affirmations antérieures, que viennent confirmer des expériences de MM. **E. Fourneau** et **E. Kohn-Abrest**. — **M. J. Bougault**, continuant l'étude de l'acide benzoylacrylique $C^6H^5.CO.CH:CH.CO^2H$, montre que les alcalis, à froid, le transforment en acide diphénacylacétique $(C^6H^5.CO.CH^2)^2CH.CO^2H$. Il montre que l'acide diphénacylacétique se forme, dans ce cas, par fixation de l'acétophénone, formée dans un premier temps, sur la double liaison de l'acide benzoylacrylique. — **M. A. Haller** fait part à la Société des recherches qu'il a entreprises, en collaboration avec **M. Bauer** et **Mlle Lucas**, sur l'action de l'amidure de sodium sur les cétones aromatiques ou mixtes. D'une façon générale, les cétones R.CO.R', dans lesquelles R est un radical aromatique et R' un radical aromatique ou un radical gras quaternaire (tel que $C(CH^3)^3$, $C(C^2H^5)^3$), fournissent un produit d'addition de formule $R.C(ONa)(AzH^2)R'$, qui se scinde au sein du carbure où se fait l'opération, en présence d'une trace d'eau, suivant l'équation : $R.C(ONa)(AzH^2)R' + H^2O = RH + NaOH + R'COAzH^2$, l'amide étant ensuite hydrolysée plus ou moins en AzH^3 et acide. Si R' est un radical aromatique, on obtient en général aussi une certaine quantité du carbure R'H et de l'amide $RCOAzH^2$. Si R' est un radical gras quaternaire, l'amide $R^3C.COAzH^2$ se forme exclusivement. Cette réaction a été appliquée à un certain nombre de cétones, parmi lesquelles seule, jusqu'à présent, l'α-naphtylphénylcétone s'est montrée réfractaire, en ce sens que l'eau régénère simplement la cétone primitive. Dans le cas où R' est un radical gras, non quaternaire, l'amidure fournit simplement un dérivé sodé dissociable par l'eau et susceptible de réagir avec les iodures alcooliques. — **MM. L. Bouveault** et **G. Blanc** ont étudié l'amide obtenue par M. Semmler en fixant l'amidure de sodium sur la camphénylone. Cette amide a été transformée successivement en uréthane méthylique, puis en une amine que l'acide nitreux a transformée en un alcool qui a pu être identifié avec le β-*isopropylcyclopentanol*. Cet alcool, en effet, se transforme par oxydation en une cétone qui s'est montrée identique, par son dérivé benzylidénique et sa semicarbazone, avec la β-*isopropylcyclopentanone* qu'ils ont préparée par synthèse en décomposant par la chaleur l'anhydride β-isopropyladipique. La réduction de cette cétone synthétique a fourni un alcool secondaire identique à l'alcool dérivé de la camphénylone. L'isopropylcyclopentanol est aisément transformé par l'acide bromhydrique en l'éther correspondant; ce dernier, traité successivement par le magnésium, puis par le gaz carbonique, fournit un acide dont l'amide est identique à celle obtenue en partant de la camphénylone. Cette amide a donc la constitution (I), et la camphénylone possède la formule (II) qui a déjà été proposée par Wagner :



(I) (II)

M. Blanc a effectué par une voie différente la synthèse de la camphénylone. Cette synthèse confirme absolument les formules adoptées par Wagner et M. Bouveault.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 Novembre 1908.

M. H. S. Allen décrit une *méthode graphique pour trouver les points cardinaux pour les combinaisons de surfaces réfractaires coaxiales*. La méthode s'applique au cas général de la combinaison de deux systèmes de lentilles. Par le second point focal du 1er système, on tire une ligne $F_1'E_1$ à angle droit avec l'axe, égale à la 2e longueur focale de ce système. De même, par le 1er point focal du 2e système, on tire F_2E_2, égale à la 1re longueur focale de ce système. $F_1'E_1$ et F_2E_2 se coupent en C, en un point qui est dans le plan du centre optique de la combinaison. Les images de C formées par les deux systèmes déterminent les plans principaux des deux combinaisons. En traçant les rayons CE_1 et CE_2 à travers chaque système, on obtient une construction simple pour les points cardinaux et les longueurs focales. La méthode épargne l'emploi des fractions continues et donne à l'étudiant non-mathématicien un moyen de réaliser l'existence des points cardinaux pour un système compliqué de surfaces réfractantes. — **M. W. Cassie** décrit une *méthode exacte pour mesurer les moments d'inertie*, utilisant les périodes des faibles oscillations d'un fléau de balance. On prend comme moment d'inertie étalon une masse connue pendue au couteau d'une balance et on lui en compare d'autres. On détermine le temps d'oscillation avec la masse étalon sur un plateau et un contrepoids sur l'autre. Puis le corps dont on veut déterminer le moment d'inertie est attaché au fléau de manière que le coefficient du couple directeur ne soit pas altéré, et le temps d'oscillation est déterminé sans poids sur les plateaux. D'après ces temps, en connaissant la longueur du fléau et les masses usées, on calcule facilement le moment d'inertie. — **M. S. Russ** lit un travail sur la *diffusion des émanations de l'actinium et du thorium*. Il a mesuré les coefficients de diffusion de l'émanation de l'actinium dans l'air, H, CO^2, SO^2 et Ar; ils suivent, en général, la loi de Graham. La variation avec la pression du coefficient de diffusion dans l'air obéit aux lois ordinaires des gaz jusqu'à quelques cm. de pression. Des expériences identiques avec l'émanation du

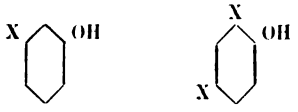
Digitized by Google

thorium ont également donné une valeur presque constante pour le produit de la pression et du coefficient de diffusion. Le rapport des deux constantes obtenues conduit directement au rapport des poids moléculaires des deux émanations : Th/Ac = 1,4. — **M. J. Walker** : Sur la polarisation elliptique produite par la transmission directe d'un faisceau plan-polarisé à travers une plaque de quartz coupée dans une direction oblique à l'axe optique, et sur une méthode pour déterminer l'erreur d'une plaque supposée perpendiculaire à l'axe.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 5 Novembre 1908.

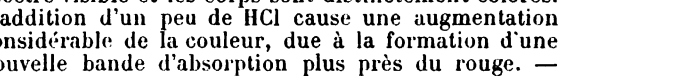
MM. W. A. Bone et **H. F. Coward**, en chauffant moins de 0,1 gr. de charbon de sucre très purifié dans un courant d'hydrogène sec et pur entre 1100° et 1200°, ont obtenu de grandes quantités de méthane (73 °/₀ du rendement théorique). Le reste du méthane est détruit par oxydation ou décomposition au contact des parois du tube. Ces faits confirment la synthèse du méthane à partir de ses éléments, annoncée par Bone et Jerdan en 1897. — **MM. E. C. C. Baly** et **W. B. Tuck** ont déterminé le spectre d'absorption d'un certain nombre d'hydrocarbures à plusieurs noyaux : naphtalène, fluorène, anthracène, phénanthrène, etc. — **MM. B. D. W. Luff** et **F. S. Kipping** ont préparé synthétiquement le chlorure de benzyléthylisobutylsilicyle, Eb. 198°-202° sous 100 mm., le benzyléthylisobutylsilicol, Eb. 162°-164° sous 25 mm., et son éther-oxyde, Eb. 250°-252° sous 20 mm. Par sulfonation, ils donnent tous trois le même oxyde de *dl*-sulfobenzyléthylisobutylsilicyle, que les auteurs vont essayer de résoudre en ses composants actifs. — **MM. A. E. Dunstan** et **J. A. Stubbs** ont déterminé la viscosité de l'acétoacétate, de l'éthylacétoacétate et du diéthylacétoacétate d'éthyle ; le premier de ces composés existe en grande partie à l'état cétonique. — **M. W. J. Sell**, en chlorant à 105°-110° le chlorhydrate d'α-picoline saturé de HCl, a obtenu un composé solide $C^5HAzCl^2.CCl^2$, et une huile formée surtout de $C^5H^2AzCl^2.CCl^3$, donnant facilement l'acide 3 : 5-dichloropicolique, F.153°-154°. Ce dernier, par chauffage, fournit la 3 : 5-dichloropyridine, F.66°-67°, dont l'auteur a vérifié la constitution en la transformant en diéthoxypyridine, qui est identique à celle qui dérive de la 3 : 5-dibromopyridine déjà connue. Enfin, l'auteur montre que la trichloropyridine qu'il a préparée doit être la 2 : 3 : 5-trichloropyridine, car elle est attaquée par AzH^3 en donnant la 3 : 5-dichloro-2-aminopyridine, F.84°-85°, identique à celle qu'on connaît. — **MM. M. O. Forster** et **H. E. Fierz** ont préparé l'acide *l*-α-triazopropionique, $CH^3CHAz^3CO^2H$, $[\alpha]_D$ = —2°,27 ; son éther éthylique bout à 49° sous 5 mm. et donne $[\alpha]_D$ = —18°,2. — Les mêmes auteurs, par l'action de l'éthylène-chlorhydrine sur l'azoture de sodium, ont obtenu le 2-triazoéthanol-1, $Az^3CH^2.CH^2OH$, Eb. 60° sous 8 mm. ; l'acétate de triazoéthyle, $Az^3CH^2CH^2O.COCH^3$, bout à 74° sous 20 mm. Par action de l'hydrate de chloracétaldéhyde sur Az^3Na, il se forme le triazoacétaldéhyde Az^3CH^2CHO, huile instable. — **MM. R. H. Pickard** et **J. Yates**, par action de H^2O^2 sur le sitostérol, ont obtenu le déhydrositostanetriol, $C^{27}H^{46}O^3$, F.252° ; puis, par action de CrO^3 sur le triol, le déhydrositostanedionol, $C^{27}H^{42}O^3$, F.256°. L'action des agents déshydratants sur ce dernier donne la déhydrositostènedione, $C^{27}H^{40}O^2$, F.166°, qui est réduite par Zn en déhydrositostanedione, $C^{27}H^{42}O^2$, F.196°. — **MM. K. Fisher** et **W. H. Perkin jun.** ont fait la synthèse des *d*- et *l*-terpinéols à partir des éthers des modifications *d*- et *l*-de l'acide 1-méthyl-Δ^1-cyclohexène-4-carboxylique. Puis ils ont fait la synthèse de l'acide 1-méthyl-Δ^6-cyclohexène-3-carboxylique et l'ont converti en dihydroïsocarvestrénol et en isocarvestrène. — **MM. F. G. Pope** et **R. Fleming** rappellent que les hydroxyazométhines simples et leurs éthers sont incolores, tandis que leurs chlorhydrates présentent de l'absorption dans le bleu et le violet ; ces sels doivent donc présenter une constitution différente : ce sont probablement des sels d'oxonium. — **MM. M. Barrowcliff, F. L. Pyman** et **F. G. P. Remfry** ont préparé divers dérivés de l'acide *p*-aminophénylarsonique et de l'acide 2-aminotolyl-5-arsonique en vue d'un emploi possible dans les trypanosomiases ; mais leurs propriétés trypanolytiques ont été trouvées très faibles. — **MM. A. W. Titherley** et **M. E. Marples**, en condensant l'aldéhyde salicylique avec la benzamide en présence d'acétate de sodium, ont obtenu les deux salicylidènebenzamides isomères $HO.C^6H^4.CH : Az.CO.C^6H^5$. En présence de HCl, il y a migration du benzoyle et production de O-Az-Az-tribenzoylsalicylidènediamine $C^6H^5.CO.O.C^6H^4.CH(AzH.CO.C^6H^5)^2$, F.198°, dont l'hydrolyse prudente fournit l'Az-Az-dibenzoylsalicylidènediamine, F.192°. — **M. A. Clayton** a reconnu que les phénols des types suivants :



où X est un groupe alkyle, OH ou dialkylaminé, se condensent facilement avec l'acide malique ou l'acétoacétate d'éthyle pour former des dérivés de la coumarine. L'introduction de substituants tels que AzO^2, CO^2H et $CO^2C^2H^5$ empêche la condensation. — **MM. V. J. Harding, W. N. Haworth** et **W. H. Perkin jun.** montrent que l'acide F.41°, obtenu par Marckwald et Meth par élimination d'eau de l'acide 4-hydroxy-1-méthyl-cyclohexyl-4-acétique, est l'acide 1-méthyl-Δ^3-cyclohexène-4-acétique.

Séance du 19 Novembre 1908.

MM. F. L. Pyman et **W. C. Reynolds** ont extrait du *Datura meteloides*, à côté des alcaloïdes déjà connus, 0,07 °/₀ d'un nouveau corps, $C^{12}H^{21}O^4Az$, F. 141°-142°, qu'ils nomment *météloïdine*. Il est optiquement inactif et n'a pas d'action physiologique marquée ; il est hydrolysé par la baryte en acide tiglique et une nouvelle base, la *téloïdine*, $C^8H^{15}O^3Az$, F. 168°-169°. — **M. V. H. Veley** a déterminé l'affinité des atomes d'Az ou des groupes aminés de certains alcaloïdes qui, quoique contenant plus d'un atome d'Az, ne forment de combinaisons stables qu'avec une molécule d'HCl. Les résultats, obtenus par la méthode au méthylorange, varient beaucoup suivant les alcaloïdes. — **M. E. C. C. Baly** et **Mlle E. G. Marsden** ont observé les spectres d'absorption des *o*- et *p*-aminobenzaldéhydes et des trois aminoacétophénones isomères ; ils présentent tous une large bande d'absorption simple dans le spectre visible et les corps sont distinctement colorés. L'addition d'un peu de HCl cause une augmentation considérable de la couleur, due à la formation d'une nouvelle bande d'absorption plus près du rouge. — **MM. B. D. W. Luff** et **F. S. Kipping** ont résolu l'oxyde de *dl*-benzyléthylisobutylsilicyle en ses constituants optiquement actifs par cristallisation fractionnée du sel de *d*-méthylhydrindamine. — **M. G. Barger**, par action de PCl^5 sur les éthers méthyléniques des dichloro-éthyl- et dichloropropylcatéchols, a obtenu des dérivés instables, que l'action de l'acide formique transforme en carbonates cycliques :



Eb. 180°-182° sous 8mm. Eb. 186°-189° sous 8mm.

MM. G. Barger et **A. J. Ewins**, en chauffant des halogénures de styrène avec le chrorure de thionyle à 180°-270°, ont obtenu des dérivés du thionaphtène. Ainsi, l'αβ-dibromostyrène forme l'hexachlorothionaphtène C^8Cl^6S, F. 158°. — **M. V. H. Veley** montre que la méthode au méthylorange, pour la détermination des constantes d'affinité des bases, donne des résultats concordants avec ceux qu'on obtient par la catalyse de

Digitized by Google

l'acétate de méthyle, l'inversion du sucrose ou la conductibilité électrique. Les résultats obtenus sur une cinquantaine de bases cycliques vérifient la relation $K_{T_1}/K_T = (T_1/T)^m$. — MM. **A. E. Dixon** et **J. Taylor**, en mesurant la réfraction moléculaire des rhodanures, ont trouvé pour le groupe rhodanique la valeur 28, ce qui les conduit à attribuer à ces composés la constitution thiocarbimidique $P(AzCS)^3$ et $PO\,AzCS)^3$. — M. **H. E. W. Phillips** a préparé de l'acide phosphorique absolument pur et a mesuré la conductivité de ses solutions à 0°. — M. **P. C. Ray** a déterminé les volumes moléculaires des nitrites de Ba, Sr et Ca monohydratés (77, 87; 74, 59; 67, 24) et anhydres (70, 90; 63, 54; 57, 56). Le radical AzO^2 des nitrites anhydres occupe un volume constant (24,2). — M. **J. N. Pring** a constaté que l'union directe de C et Si purs dans le vide commence entre 1250° et 1300°; Al s'unit à C pur dans le vide à son point de fusion (650°) en formant Al^4C^3; Fe s'unit directement à C vers 700° sous une pression de 0,05 millimètre; Mg forme un nouveau carbure au-dessous de 600°. — M. **H. Crompton** et Mlle **E. R. Cyriax**, en traitant l'acénaphtène par Cl en solution chloroformique, évaporant, puis distillant, ont obtenu le 4-chloroacénaphtène, F. 65°, Eb. 309°. Oxydé par le bichromate de Na, il donne un acide chloronaphtalique, dont le sel de Ca, chauffé avec de la chaux sodée, fournit du naphtalène. — M. **Ch. S. Gibson** a préparé des composés moléculaires de l'acide styphnique $C^6H(OH)^2(AzO^2)^3$ avec l'acénaphtène, le phénanthrène, la *m*-nitroaniline, F. 153°-154°, 125°-126°, 137°.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

SECTION DE NOTTINGHAM

Séance du 8 Octobre 1908.

M. **F. J. R. Carulla** recommande l'emploi d'Al à la place de Zn pour la réduction des solutions ferriques avant la titration par le permanganate de potassium.

SECTION DE LONDRES

Séance du 2 Novembre 1908.

M. **Ad. Frank** étudie les rapports de l'industrie chimique avec l'Agriculture. Il rappelle les travaux de Liebig sur la nutrition minérale des plantes, qui ont montré la nécessité de fournir aux sols épuisés par la culture trois sortes d'engrais : phosphatiques, potassiqués et azotés. Les phosphates sont extraits des dépôts naturels ou proviennent des scories basiques du procédé Thomas. Les sels de potasse proviennent surtout des célèbres gisements de Stassfurt. Enfin les engrais azotés ont été surtout jusqu'à présent le sulfate d'ammonium, sous-produit de la fabrication du gaz d'éclairage, et le nitrate de sodium, provenant des gisements du Chili. Mais comme ils menacent de s'épuiser, on a cherché à les remplacer par des produits synthétiques et l'on y est arrivé en transformant l'azote de l'air par des procédés électriques, soit en acide nitrique, soit en cyanamide de calcium. Ces deux industries paraissent avoir un grand avenir.

SOCIÉTÉ ALLEMANDE DE PHYSIQUE

Séance du 23 Octobre 1908.

M. **E. Bollé** présente une Note sur une *lampe à arc électrique de grande intensité, à réglage automatique*. Cette lampe comporte un charbon positif horizontal, mis en rotation pendant le fonctionnement par un petit moteur électrique; le charbon négatif, immobile, forme un angle obtus avec l'axe du charbon positif. Le réglage de la constance du courant se fait également à l'aide d'un moteur dont le champ est sujet à l'effet différentiel de deux bobines connectées respectivement en série et en shunt. Une lampe pareille présente des avantages considérables pour les appareils de projection; d'autre part, elle est appelée à rendre de grands services dans tous les cas où l'on a besoin d'une source rayonnante d'une grande intensité et d'une direction de rayonnement toujours constante. — M. **M. Laue** étudie la *théorie des ondes rayonnées, en vertu du principe de relativité, par un point chargé en mouvement*. Cette théorie a été donnée, sur la base de la théorie électronique par M. Heaviside, d'une part, et M. M. Abraham, de l'autre, et sur celle de la théorie de relativité (en partie au moins) par M. H.-A. Lorentz. L'auteur reprend ce problème pour faire voir la simplicité plus grande de la solution donnée par la théorie de relativité. D'autre part, il existe entre les deux théories une différence importante (illustrant l'inertie d'énergie découlant du principe de relativité) par rapport à la force exercée sur l'électron. — M. **R. Thœldte** présente un Mémoire sur *la cause de la conductivité d'un cohéreur, due aux chocs mécaniques*. Dans un travail antérieur, l'auteur avait énoncé l'opinion que la production, sous l'action d'un choc mécanique, de la conductivité dans un cohéreur entraîne un phénomène électrique, d'une façon analogue à la conductivité produite par les vibrations électriques provenant d'un circuit voisin, le diélectrique étant rendu conducteur par carbonisation en raison d'une compensation électrique aux extrémités du cohéreur. Dans le présent Mémoire, il étudie le mécanisme de ces phénomènes en se servant comme diélectrique de plusieurs huiles et graisses. Il constate que la conductivité s'établit grâce au rapprochement mécanique des molécules, sous l'action des vibrations, rapprochement qui suffit pour qu'une compensation électrique aux extrémités du cohéreur produise la carbonisation du milieu intermédiaire. Cette conductivité, qui s'établit d'abord en certains points individuels, peut se perdre sous l'action d'une secousse mécanique; les expériences continuées peuvent accroître la carbonisation jusqu'à l'établissement d'une conductivité permanente. La carbonisation se produit sur le pôle négatif. — M. **G. Costanzo** adresse une Note relative à l'*émanation du sodium*. De récentes expériences faites par M. Ch.-E.-S. Phillips[1] faisaient entrevoir l'existence d'une émanation du sodium métallique. Lors de ses recherches sur la différence de potentiel de contact entre le verre et les métaux alcalins, il a constaté qu'un morceau de sodium récemment découpé décharge rapidement un électroscope négativement chargé. L'auteur reprend ces expériences en mesurant, dans une atmosphère d'azote sec, la déperdition électrique d'un électroscope négativement chargé, en présence ou en l'absence de sodium. Comme les résultats trouvés dans les deux cas sont sensiblement identiques, il modifie sa disposition en permettant l'effet oxydant de l'air, tout en réduisant la quantité d'air au contact du sodium. Les résultats résumés par l'auteur, loin de confirmer l'existence d'une émanation du sodium, font voir l'effet réducteur exercé par ce métal sur la dispersion spontanée des électroscopes. Cet effet, suivant l'opinion de l'auteur, est dû à ce que le sodium absorbe les gouttelettes de vapeur d'eau pouvant se trouver à l'état condensé sur des supports isolants. En résumé, il croit pouvoir attribuer les phénomènes observés par Phillips à des impuretés renfermées par ses échantillons de sodium ou aux émanations absorbées au préalable. — MM. **R. Ladenburg** et **S. Loria** ont étudié la dispersion de l'hydrogène incandescent. Ils démontrent l'existence d'une dispersion anomale de l'hydrogène lumineux, renfermé dans un tube de Geissler.

ALFRED GRADENWITZ.

[1] *Nature*, t. LXXVIII, p. 79, 1908.

Le Directeur-Gérant : LOUIS OLIVIER.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIX DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 30 DÉCEMBRE 1908)

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Astronomie et Géodésie.

FLAMMARION (Camille). — Quel savant a le premier imaginé le mouvement de la Terre? 85
LANDERER (J.-J.). — Sur la rotation de Vénus. 557
MOREUX (Th.). — L'essaim des Perséides. 41
— La théorie du « double courant » des mouvements stellaires 173
— La nature physique des traînées météoriques . . 297
— La formation de notre satellite 341
— La surface de Vénus et sa période rotative . . . 341
— Etude récente des spectres des grandes planètes. 469
— La détermination de la rotation du Soleil par les raies de l'hydrogène. 469
— La présence du cyanogène dans l'espace interplanétaire. 637
— Nouvelle détermination de l'axe du Soleil 681
— Une nouvelle détermination de l'apex solaire. . . 725
— L'étoile double de la Vierge 762
— Les mouvements systématiques des étoiles. . . . 882
NORDMANN (Ch.). — A propos d'un projet pour la détermination des longitudes sur terre et sur mer . . 257
RENAUDOT (G.). — La nuit claire du 30 juin. 597
L'Expédition Lowell dans les Andes pour l'observation de Mars 2
Le nombre des étoiles variables. 42
Tremblements de terre et taches solaires 86
Jupiter sans satellites. 129
La planète intra-mercurielle. 129
L'eau dans l'atmosphère de Mars. 214
Parallélisme observé dans certaines formations à la surface de la Lune 214
Parallaxe de la nébuleuse d'Andromède. 258
Les comètes 297
Nouvelle petite planète ou satellite de Jupiter 341
L'héliomicromètre de Hale 342
Particularité des régions nébulaires dans le ciel. . . 382
La comète Daniel (1907 *d*). 422
Un nouveau procédé pour observer les éclipses de Soleil. 422
La tache rouge de Jupiter 519
Une comète mystérieuse 558
Vénus sous forme d'anneau 598
Le huitième satellite de Jupiter. 637
La vitesse radiale d'Algol. 682
Les équations personnelles dans l'observation des étoiles doubles. 725
Spectre de la comète Daniel (1907 *d*). 763
Recherches sur la rotation du Soleil. 797
La comète 1908 *c*. 841

Botanique et Agronomie.

CLERGET (Pierre). — La production et la consommation du jute en 1906. 176
DUGAST (J.). — Les traitements arsenicaux en viticulture 384
GRADENWITZ (Alfred). — Les plantes luisantes 765
L'agriculture danoise et ses progrès. 639
Les stagiaires agricoles en Algérie. 845

Chimie.

DUCLAUX (J.). — A propos de la filtration des solutions colloïdales 423
HANRIOT (A.). — L'épuration des caoutchoucs résineux 927
ROUSSET (Henri). — Machines à faire automatiquement des analyses pour le dosage de l'anhydride carbonique dans les gaz industriels. 727
— Les colloïdes dans la fabrication du sucre. . . . 764
— L'épuration des caoutchoucs résineux. 800
TASSILLY (E.). — IIIe Congrès international du Pétrole 43
Les points d'inflammation des mélanges gazeux. . . 215
Le procédé de M. Garros pour les cuissons instantanées en Céramique. 260
Four électrique dans les milieux gazeux aux hautes pressions. 382
Les causes de la décoloration des liquides par le charbon 423
Les expériences de M. Landolt sur la loi de Lavoisier 471
Un dissolvant organique du graphite, le décacyclène. 520
Les surtensions dans le dégagement électrolytique des gaz. 600
La sensibilité lumineuse des colloïdes. 927

Distinctions et solennités scientifiques.

OLIVIER (Louis). — A propos de l'élection de M. H. Poincaré à l'Académie française. 213
Les Prix Nobel pour 1907. 1
Elections à l'Académie des Sciences de Paris, 173, 257, 881, 925
Election d'un secrétaire perpétuel à l'Académie des Sciences de Paris. 557
Les prix Nobel pour 1908. . . . . 881, 969
Les médailles de la Société Royale de Londres . . . 925
Le Jubilé de M. E. Levasseur. 969

Electricité industrielle.

GRADENWITZ (Alfred). — Le Télé-stéréographe Belin. . 4
— La conversion industrielle de la chaleur en électricité 87
— L'ajustage électrique à distance des pendules normales 299
L'application de l'incinération des ordures ménagères à la production de l'énergie électrique. . . 42
Un nouveau principe télé-photographique. 215
Exposition internationale des applications de l'Electricité 260
Vibrations de courant continu à haute tension. . . . 519
L'enregistrement photographique des ondes électriques. 600
L'amortissement des vibrations électriques dans les circuits comportant des lampes à vapeur de mercure 799
Les phares électriques en France 343
La première ligne de traction monophasée en Angleterre : le chemin de fer Heysham-Morecambe . . 834

Digitized by Google

Enseignement, Universités et Sociétés.

CLERGET (Pierre). — La crise de l'apprentissage . . . 972
GRADENWITZ (Alfred). — Un projet d'écoles-élites pour les élèves exceptionnellement doués. 685
Ecole des Hautes Etudes commerciales 133
Personnel universitaire. 133, 385, 845
Le nouvel Institut de Chimie de l'Université de Paris. 179
Le prix Hodgkins. 179
Les Laboratoires scientifiques du Mont-Rose. 385
Un legs à la Faculté des Sciences de Paris. 385
L'Université de Paris en 1907 425
Groupement des Universités et grandes Ecoles de France pour les rapports avec l'Amérique latine. 473
Le prix de la Société Kepler 520
Les amis de l'Université de Paris 885
Le cercle d'études de Göttingen. 973

Géographie et Colonisation.

BLONDEL (Georges). — L'Exposition de Prague 559
CLERGET (Pierre). — La question des ferry-boats et les relations entre la France et l'Angleterre 89
— L'abandon de la Guyane française. 261
— Les récents percements des Alpes autrichiennes . 344
— Les transformations du port du Havre. 601
DENÉRAIN (Henri). — L'Exposition de Géographie coloniale. 472
REGELSPERGER (Gustave). — Mission Gruvel pour l'étude et l'organisation des pêcheries de Mauritanie . . 46
— Les résultats scientifiques de la Mission française de délimitation Congo-Cameroun (Mission Moll). 131
— La reconnaissance et l'étude scientifique de la région du Haut-Logone par la Mission Lenfant . 217
— Les travaux géographiques de la Mission Arnaud-Cortier au Sahara. 301
Le IXe Congrès international de Géographie. 729

Géologie, Minéralogie et Paléontologie.

BRUNHES (Jean). — Le problème de l'érosion glaciaire. 844
CLERGET (Pierre). — La production du cuivre et son marché en 1907 383
— La production de l'or en 1907 765
MORIN (P.). — Les puissances mécaniques comparées d'un glacier et d'un torrent. 728
Collection Edmond Pellat 6, 88
Travaux de Géologie et de Paléontologie coloniales au Muséum d'Histoire naturelle. 424
La teneur en radium des sédiments océaniques . . . 800

Mathématiques.

La distribution des nombres premiers 85
Le IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome. 518
La théorie du potentiel et la « distribution fondamentale ». Le dernier théorème de Fermat. 557
Les paradoxes de la théorie des ensembles. 681
La théorie des nombres premiers. 762

Mécanique et Génie civil.

BRUNHES (Bernard). — La fondation Carl Zeiss. . . . 558
WEYHER (Ch.). — A propos des oiseaux et de leurs ailes 214, 259
— Sur un cas singulier du vol de l'épervier 342
Un moteur d'aviation de 120 chevaux 87
Sous-marins et aéronefs. 174
Un indicateur de vitesse. 382
Les hélices des navires à turbines. 470
Le moteur à pétrole à bord des navires. 682
L'air comprimé à bord des navires. 882
La construction des bateaux en ciment armé. . . . 926
L'emploi de l'acier au nickel dans la construction des ponts. 970

Météorologie et Physique du Globe.

GRADENWITZ (Alfred). — Sauts de température de l'eau de mer 44
GRADENWITZ (Alfred). — Un séismographe à enregistrement électrique. 638
La conquête de l'atmosphère 129
L'organisation météorologique internationale 298
La variation diurne de la chute de potentiel. 598
Le Prix de la Société météorologique allemande. . . 798
L'influence de traces de gaz nitreux sur la condensation de la vapeur d'eau. 798

Nécrologie.

BARILLÉ (Dr A.). — Edouard Landrin. 381
CAULLERY (Maurice). — Alfred Giard. 761
GLANGEAUD (Ph.). — Albert de Lapparent 517
GUNTZ (A.). — Alfred Ditte. 969
C. Chamberland. 381
Alphonse Peron. 597
Mort de MM. A. Giard, H. Becquerel et E. Mascart. . 681
E. Alluard. 841
W.-E. Ayrton. 927

Physique.

GRADENWITZ (Alfred). — Le IVe Congrès allemand de Roentgénologie 422
— La projection stéréoscopique 683
WEINBERG (Boris). — La cristallisation de l'eau surfondue 638
La IVe Conférence générale des Poids et Mesures. . 2
Phénomènes présentés par les antennes communiquant avec les transformateurs de Tesla. 42
La réflexion sélective dans ses relations avec la composition chimique. 130
L'influence des substances radio-actives de l'atmosphère sur les résultats des mesures d'électricité atmosphérique 176
Le filtrage des particules ultra-microscopiques. . . . 214
La commande à distance, au moyen des ondes acoustiques, des opérations mécaniques. 343
Sur les modifications des propriétés physiques du platine et du nickel soumis à un travail mécanique. 470
Les électrons positifs 598
L'examen optique des milieux isotropes et anisotropes. 639
La liquéfaction de l'hélium. 725
Les effets calorifiques produits par les rayons X dans le plomb et le zinc 726
L'emploi de la vapeur de sélénium pour la préparation des piles sensibles à la lumière. 726
Timbre de quelques instruments de l'orchestre . . . 726
Les membranes liquides minces et les gouttelettes de liquides. 763
L'influence de la température sur les conversions radio-actives 763
Les différentes espèces de rayons γ du radium et leurs rayons secondaires. 764
Les propriétés optiques des solutions d'or colloïdales. 764
Le choc longitudinal des barreaux et les constantes élastiques dynamiques des métaux 798
Les rayons cathodiques secondaires engendrés par les rayons X 799
La condensation des émanations de l'actinium et du thorium 799
La radio-activité du potassium et autres métaux alcalins. 842
La variation, avec l'humidité atmosphérique, des résistances en manganine. 843
L'explication mécanique des phénomènes électriques dans l'hypothèse d'un éther universel continu. . 882
L'hystérèse élastique et l'hystérèse magnétique. . . . 883
L'effet de la pression sur le point d'ébullition du soufre. 883
Les décharges électriques à travers les distances très petites 926
La relation entre la perméabilité du fer et la fréquence d'aimantation. 926
La sensibilité lumineuse des colloïdes. 927

Sciences médicales et Physiologie.

CLERGET (Pierre). — Les espaces libres à Paris. . . . 845
GRADENWITZ (Alfred). — La résurrection des animaux électrocutés. 177

Digitized by Google

GRADENWITZ (Alfred). — La machine humaine. . . . 800
Sur la sécrétion du suc pancréatique 6
Observation directe des hématoblastes dans le plasma sanguin. 45
L'inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes 45
La protection des yeux contre les rayons ultra-violets. 88
La Société de Pathologie exotique. 130
La Photographie en couleurs par le procédé Lumière appliquée à la Médecine. 260
Le contrôle acide du pylore. 300
La résection du genou. 344
La parabiose artificielle des animaux à sang chaud . 684
La phosphorescence animale 728
Les effets nuisibles exercés sur l'œil humain par les rayons ultra-violets. 766
La rate, organe d'échanges ferrugineux 844
L'auto-électrisation du corps humain 929
Le nerf vague du canard. 972

Zoologie et Anatomie.

BLANCHARD (R.). — VIIIe Congrès international de Zoologie 559
CLERGET (Pierre). — Les pêcheries de Terre-Neuve en 1906. 216
— La production et la consommation de la laine. . 641
— L'élevage de l'autruche dans la colonie du Cap. . 928
Les jardins zoologiques à l'étranger. 520
L'élevage du poisson en captivité 601
Le VIIe Congrès international de Zoologie. 884

Sciences diverses.

La Science à l'Exposition franco-britannique de 1908. 46
Une nouvelle subvention aux recherches scientifiques. 218
Le mouvement scientifique en Amérique. 302
Le Commerce de la France en 1907. 885

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Astronomie, Géodésie, Physique du Globe.

BOUYSSY (M.). — L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère. 701
DURAND-GRÉVILLE (E.). — L'aube et l'albe. Premier crépuscule du matin et second crépuscule du soir. 772
GRAMONT (A. de). — Le nouvel Observatoire astronomique du Pic du Midi. 940
HENRIET (H.). — L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère. 701
NEWCOMB (S.). — La théorie du mouvement de la Lune. Son histoire et son état actuel. 686

Botanique et Agronomie.

MANGIN (L.). — Les Algues du Plancton. 642
ZOLLA (D.). — Revue annuelle d'Agronomie. 577

Chimie.

BOUYSSY (M.). — L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère 701
COUX (H. de La). — L'état actuel de l'industre de l'ozone 58
GRAEBE (C.). — Les progrès les plus importants des Disciplines chimiques dans les quarante dernières années. III. Le développement de la Chimie organique. 236
GRANGER (A.). — L'intervention de la Chimie organique dans la Photographie. 658
HENRIET (H.). — L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère. 701
JAQUEROD (A.). — Recherches modernes sur les poids atomiques 443
LANDOLT (H.). — Les progrès des Disciplines chimiques dans les quarante dernières années. II. Le développement de la Chimie inorganique. 185
LAUNAY (L. de). — Les Telchines et les origines légendaires de la Métallurgie antique. 449
LEMOULT (P.). — Thermochimie et formules de constitution. Relations entre les chaleurs de combustion et la constitution des composés organiques . . . 137
MAILHE (A.). — Revue annuelle de Chimie minérale. . 323
MARCHAND (H.). — La fabrication industrielle de la cyanamide de calcium. 982
NERNST (W.). — Les progrès les plus importants des Disciplines chimiques dans les quarante dernières années. I. Le développement de la Chimie générale et de la Chimie physique. 180
ROUSSET (H.). — Notes sur l'organisation de l'Industrie chimique en Allemagne. 406
SOLVAY (Ernest). — Physico-chimie et Biologie. . . . 474
WITT (O.-N.). — Les progrès des Disciplines chimiques pendant les quarante dernières années. IV. Le développement de la Chimie technologique. . . 239

Chirurgie, Médecine, Hygiène.

GUILLEMINOT (Dr H.). — Le dosage des rayons X en expérimentation biologique et en médecine. . . . 652
LANGLOIS (J.-P.). — Revue annuelle d'Hygiène. . . . 905
LAVERAN (A.). — L'évolution de la Pathologie exotique. 134
LÉTIENNE (Dr A.). — Revue annuelle de Médecine. . . 190
MARTINET (Dr Alfred). — L'évolution de la Pharmacodynamie. 537

Géographie et Colonisation.

DUHEM (P.). — Ce que l'on disait des Indes occidentales avant Christophe Colomb 402
MACHAT (J.). — La question antarctique d'après les voyages exécutés vers le pôle sud depuis 1898. 1re partie : Histoire des expéditions. 527
— 2e partie : Les résultats scientifiques. 561
XXX. — Les voies ferrées de l'Afrique occidentale française. 1° Programme général. 225
— 2° Etude des diverses lignes. 269
XXX. — Les ports et les fleuves de l'Afrique occidentale française. 942

Géologie, Minéralogie et Paléontologie.

BERTRAND (Léon). — Le rôle des grands mouvements horizontaux dans la formation des chaînes de montagnes. 152
BRUNHES (J.). — Le problème de l'érosion et du « surcreusement » glaciaires. 90
EISENMENGER (Gabriel). — La formation des grands lacs des Alpes. 610
MICHEL-LÉVY. — Les reproductions artificielles de roches et de minéraux. 345
RÉVIL (J.). — Les sources thermo-minérales de la Savoie. 829

Mathématiques.

DARBOUX (Gaston). — Les origines, les méthodes et les problèmes de la Géométrie infinitésimale. . . 845
PICARD (Emile). — La Mathématique dans ses rapports avec la Physique. 602
POINCARÉ (Henri). — L'invention mathématique. . . . 521
— L'avenir des Mathématiques. 930

Mécanique et Génie civil.

CRONEAU (A.). — Les cuirassés modernes. 1re partie : Evolution du cuirassé, puissance offensive. . . . 777
— 2e partie : Armement et propulsion. 813
DWELSHAUVERS-DERY. — La masse des corps est-elle variable? 855

Digitized by Google

Renard (Cᵗ Paul). — Les aérostats dirigeables. 1re partie : Principes de la direction des aérostats. . . 426
— 2e partie : Examen des divers types de dirigeables. 479
Weyher (Ch.) — La forme des carènes. 577
— Oiseaux et aéroplanes. 974
Witz (Aimé). — Théorie générique et expérimentale des turbines à vapeur et à gaz. 1re partie : Théorie générique 19
— Théorie expérimentale. 47

Nécrologie.

Broca (André). — L'œuvre d'Henri Becquerel. . . . 802
Lugol (P.). — Lord Kelvin. 219
Nordmann (Ch.). — Jules Janssen. 223

Physiologie.

Fredericq (Léon). — Revue annuelle de Physiologie. 1re partie : Généralités 66
— 2e partie : Physiologie spéciale 106
Rudler (Madeleine). — Le mécanisme physiologique et mental du rire. 495

Physique.

Barthélémy (E.). — Les grandes transmissions d'énergie électrique. 738
Bloch (Léon). — Les origines de la théorie de l'éther. 886
Chassériaud (R.). — Essai d'une théorie cinématique de la Musique 355
Debierne (A.). — L'état actuel de nos connaissances sur la Radio-activité. 1re partie : La découverte des corps radio-actifs. 691
— 2e partie : Les transformations des substances radio-actives 730
Duhem (Pierre). — La valeur de la théorie physique . 7
Guillaume (Ch.-Ed.). — Le volume du kilogramme d'eau. 262
Jaket (Paul). — Le Congrès international des applications de l'Electricité. Marseille, 14-20 septembre 1908 897
Lamarcodie (G. de). — Les lampes à incandescence à filaments métalliques 283
Lévy (Maurice). — Le mouvement récent des grandes applications de l'Electricité. 768
Malfitano (Giovanni). — Les propriétés physiques des colloïdes hydro-oxy-chloro-ferriques. 614
Poincaré (Henri). — La dynamique de l'électron. . . 386
Turpain (Alb.). — Le problème téléphonique en France. 978
Weiss (Pierre). — L'hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferromagnétique 99

Zoologie et Anatomie.

Cuénot (L.). — Les idées nouvelles sur l'origine des espèces par mutation. 860
Fauré-Frémiet (E.). — La Protistologie. Son histoire. Quelques-uns de ses récents progrès. 313
Kollmann (Max). — L'évolution des leucocytes et du tissu lymphoïde des Invertébrés. 746
Laguesse (E.). — Revue annuelle d'Anatomie 986
Meyer (Paul). — Les croisements et l'hérédité des caractères (La loi de Mendel). 27
Sabatier (Camille). — L'homme est il simple, double ou multiple? 358
Sarasin (Fritz). — Les types humains inférieurs du sud-est de l'Asie 303

Revues annuelles.

Fredericq (Léon). — Revue annuelle de Physiologie. 1re partie : Généralités 66
— 2e partie : Physiologie spéciale 106
Laguesse (E.). — Revue annuelle d'Anatomie. 986
Langlois (J.-P.). — Revue annuelle d'Hygiène 905
Létienne (Dr A.). — Revue annuelle de Médecine. . . 190
Mailhe (A.). — Revue annuelle de Chimie minérale . 322
Zolla (D.). — Revue annuelle d'Agronomie 577

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Mathématiques.

Barriol (Alfred). — Théorie et pratique des opérations financières 546
Cantor (Moritz). — Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. 163
Daniels (M.-Fr.). — Essai de Géométrie sphérique en coordonnées projectives. 287
Fouet (Ed.-A.). — Leçons élémentaires sur la Théorie des fonctions analytiques 670
Henry (Charles). — La loi des petits nombres : Recherches sur le sens de l'écart probable dans les chances simples, à la roulette, au trente et quarante, etc., en général dans les phénomènes dépendant de causes purement accidentelles. 626
Hermite (Ch.). — Œuvres, publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences 872
Laisant (C.-A.). — La Mathématique. Philosophie, enseignement. 200
Laurent (H.). — Statistique mathématique. 287
Lebesgue (Henri). — Leçons sur les séries trigonométriques 368
Mathews (G. B.). — Algebraic equations. 118
Montessus de Ballore. — Leçons élémentaires sur le Calcul des Probabilités 753
Ocagne (M. d'). — Calcul graphique et Nomographie. 74
Papelier (G.). — Précis de Géométrie analytique. . . 118
Petit. — Théorie mathématique des assurances . . . 456
Richard. — Théorie mathématique des assurances . . 456
Rouse Ball (W.-W.). — Histoire des Mathématiques, T. II. Les Mathématiques modernes depuis Newton jusqu'à nos jours 714
Teixeira (Gomès). — Traité des courbes spéciales remarquables planes et gauches (Œuvres mathématiques) 915
Whitehead (A.-N.). — The axioms of descriptive Geometry 118
Worms de Romilly (P.). — Sur les premiers principes des Mathématiques 834
Wright (J.-E.). — Invariants of Quadratic differential Forms 1001

Astronomie et Géodésie.

Engel (Pierre). — Déviation des compas. Etude géométrique. Compensation du compas Thomson . . 410
Gauss. — Theoria Motus Corporum cœlestium in sectionibus conicis solem ambientium 915
Mascart (Jean). — La découverte de l'anneau de Saturne par Huygens 32
Poincaré (H.). — Leçons de Mécanique céleste 790
Stroobant (P.). — Les progrès de la photographie astronomique. 456
Vallot (Henri). — Application de la Photographie aux levés topographiques en haute montagne 546
Wallace (A. Russell). — Is Mars habitable? 506

Mécanique générale et appliquée.

Bazard (A.). — Cours de Mécanique. T. I. Mécanique théorique. T. II. Mécanique appliquée. T. III. Hydraulique 753
Belluzzo (G.). — Les turbines à vapeur et à gaz . . . 244
Berthier (A.). — Les nouvelles machines thermiques. 626
Blancarnoux (Paul). — Le mécanicien industriel (Manuel pratique à l'usage des mécaniciens). 330

Digitized by Google

BONNEAU (J.-A.). — Instruments de pesage à systèmes articulés. 1re partie : Balance Roberval 586
BOULVIN (J.). — Cours de Mécanique appliquée aux machines. Générateurs de vapeur 118
— Moteurs animés, récepteurs hydrauliques, récepteurs pneumatiques 330
CHALLÉAT (L.). — Mécanique des affûts 626
CHARBONNIER (P.). — Balistique intérieure 368
CORDEMOY (C. de). — Ports maritimes 790
DEBAUVE (A.). — Construction et entretien des routes et chemins 32
ESPITALLIER (G.). — La technique du ballon 75
FRICKER (M.). — Résistance des carènes 200
FROIS (Marcel). — Captage, évacuation et utilisation des poussières industrielles 834
HAEDER (Hermann). — Les moteurs à gaz 74
JOUGUET (E.). — Lectures de Mécanique. La Mécanique enseignée par les auteurs originaux. I. La naissance de la Mécanique 956
KERSTEN (C.). — La construction en béton armé. Guide théorique et pratique. 1re partie. Calcul et exécution des formes élémentaires 163
LAVILLE (Ch.). — Eléments de Mécanique et d'Electricité 369
LECORNU (L.). — Dynamique appliquée 586
MAUPEOU D'ABLEIGES (Comte de). — Eléments de la Mécanique du choc 714
MAZZUOLI (A.). — Sulle probabilità di colpire 200
PÉRISSÉ (Lucien). — Traité général des Automobiles à pétrole 287
PUJOL (R.). — Maçonnerie. Les matériaux 753
RIBIÈRE (C.). — Phares et signaux maritimes 1001
VALBREUZE (R. de). — Eléments de Mécanique et d'Electricité 369
VOISIN-BEY. — Le Canal de Suez 670

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique.

ARENDT (O.). — La télégraphie par ondes électriques. Introduction à la théorie et à la pratique 370
BAST (O. de). — Exercices et projets d'Electrotechnique 201
BERGET (A.). — Leçons de Physique générale 288
BICHAT (E.). — Introduction à l'étude de l'Electricité statique et du Magnétisme 245
BLONDLOT (R.). — Introduction à l'étude de l'Electricité statique et du Magnétisme 245
BOUASSE (H.). — Cours de Physique. T. I. Mécanique physique. T. II. Thermodynamique. Théorie des ions 457
— T. III. Electricité et Magnétisme 957
BRILLOUIN (Marcel). — Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz 163
CHAPPUIS (J.). — Leçons de Physique générale 288
CHWOLSON (O.-D.). — Traité de Physique. T. I. L'Etat gazeux des corps 200
— L'état liquide et l'état solide des corps 1002
— Acoustique 1002
— T. II. L'indice de réfraction. Dispersion et transformations de l'énergie rayonnante 201
— Photométrie. Instruments d'Optique. Interférence de la Lumière 1002
DEVAUX-CHARBONNEL. — Etat actuel de la Science électrique. Phénomènes. Applications. Théories. 118
EIFFEL (G.). — Atlas météorologique pour l'année 1906, d'après 22 stations françaises 331
EMDEN (R.). — Gaskugeln. Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme 872
FOVEAU DE COURMELLES (Dr). — L'année électrique, électrothérapique et radiographique 370
GÉRARD (Eric). — Exercices et projets d'Electrotechnique 201
— Mesures électriques 288
HILDEBRANDSSON (Hildebrand). — Les bases de la Météorologie dynamique. Historique, état de nos connaissances 915
KAYSER (H.). — Handbuch der Spectroscopie, t. IV . . 715
KOHLRAUSCH (F.). — Petit manuel de Physique pratique 332
LAVILLE (Ch.). — Eléments de Mecanique et d'Electricité 369
LEATHEM (G.). — The elementary Theory of the symmetrical optical Instrument 1001
LIEBENTHAL (Emil). — Praktische Photometrie 835
LORENTZ (H.-A.). — Mémoires de Physique mathématique 457
MANVILLE (O.). — Les découvertes modernes en Physique. Leur théorie et leur rôle dans l'hypothèse de la constitution électrique de la Matière. 547
PACORET (E.). — La technique de la houille blanche . . 586
POINCARÉ (Lucien). — La Physique moderne, son évolution 627
— L'Electricité 753
ROHR (Dr Moritz von). — Die binokularen Instrumente nach Quellen bearbeitet 164
SCHUSTER (Arthur). — Einführung in der theoretischen Optik 411
SHAW (W.-N.). — Les courants d'air et les lois de la ventilation 507
SISSINGH (R.). — Optique physique. T. IV du Traité de la Physique et de ses principales applications . . 790
TEISSERENC DE BORT (L.). — Les bases de la Météorologie dynamique. Historique, état de nos connaissances 915
TURPAIN (Albert). — Précis de Physique 369
— Recueil de manipulations élémentaires de Physique 369
VALBREUZE (M. de). — Notions générales sur la télégraphie sans fil 75
VALBREUZE (R. de). — Eléments de Mécanique et d'Electricité 369
WALLERANT (F.). — Cris autographie 1002
WHITTAKER (E.-T.). — The Theory of optical instruments 1001

Chimie.

BALLAND (A.). — Le chimiste Z. Roussin. Chimie. Physiologie. Expertises médico-légales 587
BARRAL (E.). — Précis d'Analyse chimique biologique générale 164
BAUMERT (G.). — Traité de Chimie légale 792
BOURREY (Georges). — Traité d'Analyse chimique industrielle, commerciale, agricole 835
BROCHET (André). — Manuel pratique de Galvanoplastie et de dépôts électrochimiques 916
CHASLES (H.). — Le chimiste Z. Roussin. Chimie. Physiologie. Expertises médico-légales 587
DENNSTEDT (M.). — Traité de Chimie légale 792
DUPONT (J.). — Manuel de travaux pratiques de Chimie organique 628
ECKENSTEIN (Ed.). — Développement et progrès de la fabrication du malt pendant les quarante dernières années 958
FISCHER (Emil). — Guide de préparations organiques à l'usage des étudiants 370
FREUNDLER (P.). — Manuel de travaux pratiques de Chimie organique 628
GARÇON (Jules). — Traité-répertoire général des applications de la Chimie 547
GIRARD (Ch.). — Mémento du chimiste 412
GRANGER (A.). — La Céramique industrielle (Chimie, Technologie) 958
HALLER (A.). — Mémento du chimiste 412
HERRERO DUCLOUX (E.). — Aguas minerales actinas de la Republica Argentina 245
HOLLEMANN (A.-F.). — Manuel de Chimie inorganique. Manuel de Chimie organique 792
LEWKOWITSCH (J.). — Technologie et Analyse chimique des huiles, graisses et cires 332
LUIZET (D.). — Le chimiste Z. Roussin. Chimie. Physiologie. Expertises médico-légales 587
LUMIÈRE (A.) et ses fils. — Agenda Lumière 201
LUNGE (G.). — Analyse chimique industrielle. II. Industries organiques 370
MARQUET (Eugène). — Traité d'Analyse chimique industrielle, commerciale, agricole 835
MARQUIS (R.). — Manuel de travaux pratiques de Chimie organique 628
NEUMANN (B.). — Analyse chimique appliquée aux essais industriels 119
— Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais industriels. T. II. Chaux, Mortiers et ciments. Plâtre, Produits céramiques, verres et glaçures 754
PETIT (G.). — Céruse et blanc de zinc 201
PFANNHAUSER (W.). — Manuel pratique de Galvanoplastie 1003

Digitized by Google

POST (J.). — Analyse chimique appliquée aux essais industriels. T. I. 119
— T. II. Chaux, Mortiers et ciments. Plâtre, produits céramiques, verres et glaçures 754
RAZOUS (Paul). — Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles. Epuration. Utilisation 873
REVILLON (L.). — Les aciers spéciaux 457
RIGAUD (F.). — Préparation mécanique des minerais . 33
SWARTS (Fréd.). — Cours de Chimie organique. . . . 76
TASSART (L.-C.). — Exploitation du Pétrole 716
THOMSEN (Julius). — Thermochemistry 672
TRUCHOT (P.). — Les Pyrites 508
VOGEL (Otto). — Jahrbuch für das Eisenhuttenwesen . 289
VOIGTLAENDER (F.). — Traité de Chimie légale 792

3° SCIENCES NATURELLES

Géologie et Paléontologie.

BOULE (M.). — Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). 1° Historique et Description. 2° Géologie et Paléontologie. 3° Anthropologie 836
CHOFFAT (Paul). — Notice sur la carte hypsométrique du Portugal 371
DUPARC (Louis). — Traité de Technique minéralogique et pétrographique. 1re partie : Les méthodes optiques 165
HAUG (Emile). — Traité de Géologie. I. Phénomènes géologiques 289
LAURENT (L.). — Les productions minérales et l'extension des exploitations minières 458
LEMOINE (Paul). — Contributions à la Géologie des Colonies françaises 413
MARTEL (E.-A.). — L'évolution souterraine 509
MERLE (Dr Antoine). — Les richesses minérales de Madagascar 166
PEARCE (Dr Francis). — Traité de Technique minéralogique et pétrographique. 1re partie : Les méthodes optiques 165
PERVINQUIÈRE (Léon). — Etudes de Paléontologie tunisienne. I. Céphalopodes des terrains secondaires. 588
RECLUS (E.). — Les Volcans de la Terre 1003
THOMAS (Philippe). — Essai d'une description géologique de la Tunisie. I. Aperçu sur la Géographie physique 548
THOULET (J.). — Instruments et opérations d'Océanographie pratique 755
VERNEAU (R.). — Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). 1° Historique et Description. 2° Géologie et Paléontologie. 3° Anthropologie. 836
VILLENEUVE (C.). — Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). 1° Historique et Description. 2° Géologie et Paléontologie. 3° Anthropologie. 836

Géographie et Colonisation.

BURTON (A. R. G. S.). — Cape Colony to day 755
CHENEVARD (W.). — Mémento du Colon de l'Afrique du Nord. Annuaire de l'Agriculture, 1908. 793
CHEVALIER (Auguste). — Mission Chari-Lac Tchad. L'Afrique centrale française, récit du voyage de la Mission 202
CLIVE HOLLAND. — Au Japon. Choses vues 958
DELAFOSSE (M.). — Les frontières de la Côte d'Ivoire, de la Côte d'Or et du Soudan 458
DESPLAGNES (Louis). — Le plateau central nigérien : Une mission archéologique et ethnographique au Soudan Français 874
FÈVRE (H.). — Leçons de Géographie. II. L'Europe . . 371
GAUTIER (Ferdinand). — Chili et Bolivie. — Etude économique et minière 332
— Sahara algérien 916
GENTIL (Louis). — Itinéraires dans le Haut-Atlas marocain 628
HECKEL (Edouard). — L'Enseignement colonial en France et à l'Etranger 959
Illustrated Handbook of North Eastern Rhodesia. . . 76
LEBLOND (Marius-Ary). — La grande île de Madagascar. 793
LICHTENBERGER (Henri). — L'Allemagne moderne. Son évolution 121
LUNET DE LAJONQUIÈRE (Cte E.). — Le Siam et les Siamois 34
MANDINE (Cyprien). — L'Enseignement colonial en France et à l'Etranger 959
PECTOR (D.). — Les richesses de l'Amérique centrale . 1004
RECLUS (O.). — Manuel de l'eau 1005
ROUIRE (Dr). — La rivalité anglo-russe au XIXe siècle en Asie (Golfe Persique, Frontières de l'Inde) . . 958
SALADIN (Henri). — Tunis et Kairouan. 838
SOCIÉTÉ HONGROISE DE GÉOGRAPHIE. — Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. 245
TUROT (Henri). — En Amérique latine 628
VÉLAIN (Charles). — Revue de Géographie annuelle. . 672
VIRÉ (A.). — Le Lot. Padirac, Rocamadour. Lacave. . 119
WALLE (Paul). — Le Pérou économique 716

Botanique et Agronomie.

BRAUN (K.). — Die Agaven; ihre Kultur und Verwendung 333
CHARABOT (Eug.). — Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin Colonial. II. Les productions végétales 548
CHEESEMAN (T. F.). — Manuel of the New Zealand Flora 589
CHEVRON (Maurice). — Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin colonial. II. Les productions végétales 548
COLLOT (Georges). — Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin colonial. II. Les productions végétales 548
DANIEL (Lucien). — La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole 371
JUMELLE (Henri). — Les ressources agricoles et forestières des colonies françaises 120
MASSART (Jean). — Recueil de l'Institut botanique . . 76
ROUX (C.). — Monographie du vignoble de Côte-Rotie. 34
VIALLAR (Pierre). — Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin colonial. II. Les productions végétales 548
VUILLEMIN (Paul). — Les bases actuelles de la Systématique en Mycologie 775
WILDEMAN (E. de). — Les plantes tropicales de grande culture 509

Zoologie, Anatomie et Physiologie de l'homme et des animaux.

BLANCHARD (R.). — Glossaire allemand-français des termes d'Anatomie et de Zoologie 917
BOEHM. — Manuel de Technique microscopique . . . 34
BONNET (A.). — Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des Ixodidés 166
BOSCHETTI (Frederico). — Sinergie simpatic-organiche. Autosinopsi iconografica sintetico-analitica comparata 716
BOSE (Jagadis Chunder). — Comparative Electro-physiological Study. 202
CHARPY (A.). — Guide anatomique aux musées de sculpture 290
CUNOT (Ed.). — Fécondation et stérilité dans les espèces domestiques 793
DENIKER (J.). — Les races de l'Europe. II. La taille en Europe 958
FABRE (J.-H.). — Souvenirs entomologiques. Etudes sur l'instinct et les mœurs des insectes 459
FAUVEL (P.). — Physiologie de l'acide urique 875
FROGGATT (W.-W.). — Australian insects. 629
JAMMES (L.). — Guide anatomique aux musées de sculpture 290
MOSSO (A.). — Laboratoire scientifique international du Mont-Rose. Travaux des années 1904-1907 . . 412
OPPEL. — Manuel de Technique microscopique. . . 34
VIALLETON (L.). — Un problème de l'évolution : la théorie de la récapitulation des formes ancestrales au cours du développement embryonnaire. . . . 1004

4° SCIENCES MÉDICALES

Médecine et Microbie médicale.

ACHARD. — Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse. Recherches expérimentales 548
BARD (Dr L.). — Précis des examens de Laboratoire employés en clinique 460
BENI BARDE (Dr). — La Neurasthénie. Les vrais et faux neurasthéniques. Silhouettes de névropathes. 290

Digitized by Google

Binet (A.). — Les enfants anormaux. Guide pour l'admission des enfants anormaux dans les classes de perfectionnement 203
Burnet (Dr Etienne). — La lutte contre les microbes. 629
Collin (Eug.). — Traité de Toxicologie. Application du microscope à la recherche des poisons végétaux. 248
Debove. — Aide-mémoire de Thérapeutique 717
Gaillard. — Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse. Recherches expérimentales 548
Huchard (H.). — Les maladies du cœur et leur traitement 756
Ingegnieros (Dr J.). — Le langage musical et ses troubles hystériques 77
Israels de Jong (Dr S.). — Etude histo-chimique et cytologique des crachats 333
Kraus (R.). — Traité de technique et méthodique des recherches sur l'immunité 673
Lambert. — Que mangeons-nous? 875
Lannelongue. — Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse. Recherches expérimentales . . 548
Manson (Sir Patrick). — Manuel de Pathologie exotique. 917
Maurel (Dr E.). — Traité de l'Alimentation et de la Nutrition à l'état normal et pathologique 589
Metchnikoff (E.). — Médicaments microbiens. Bactériothérapie, Vaccination, Sérothérapie. 1005
Morice (G.). — Annuaire des Eaux minérales. Stations climatiques et sanatoriums de la France et de l'Etranger 959
Oulmont (Dr P.). — L'obésité. Symptomatologie et étiologie; anatomie et physiologie pathologique. traitement 34
Pouchet. — Aide-mémoire de Thérapeutique. 717
Pron (Dr L.). — Formulaire synthétique de Médecine. 333
Ramond (Dr F.). — L'obésité. Symptomatologie; anatomie et physiologie pathologique, traitement. . 34
Richaud (A.). — Précis de Thérapeutique et de Pharmacologie 372
Robert-Simon (Dr). — Applications thérapeutiques de l'eau de mer 166
Roger (C.-H.). — Introduction à l'étude de la Médecine. 793
Sallard (A.). — Aide-mémoire de Thérapeutique . . 717
Simon (Dr Th.). — Les enfants anormaux. Guide pour l'admission des enfants anormaux dans les classes de perfectionnement 203

Hygiène publique.

Baudet (Louis). — Filtres à sable non submergés. . . 918
Coreil (F.). — Les industries insalubres 838
Faivre (Dr Paul). — Prophylaxie internationale et nationale 509
Linossier (G.). — Hygiène du dyspeptique. 838
Masbrenier (Dr J.). — Notions d'Hygiène médicale. . 413
Nicolas (L.). — Les industries insalubres 838
Rouchy. — Les eaux d'égout de Paris. Leur traitement par la méthode de l'épandage sur sol naturel, par la méthode biologique des lits de contact, par colonne épuratrice 120
Vasnier (H.-A.). — La lutte contre l'alcoolisme . . . 959
Viaud (L.). — La lutte contre l'alcoolisme 959

5° SCIENCES DIVERSES

De Beylié (L.). — Promé et Samara. Voyage archéologique en Birmanie et en Mésopotamie 1005
Deinhardt (K.). — Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol), t. II. Electrotechnique 248
Dubufe (Guillaume). — La valeur de l'Art 717
Dumontpallier (Louis). — Annuaire de Route de l'A. C. F. 629
Dunod. — Agendas pour 1908 77
Garçon (Jules). — La bibliographie industrielle. . . . 77
Guyot (Yves). — La science économique. 35
Houllevigue (L.). — L'évolution des Sciences 918
Lapie (Paul). — La femme dans la famille. 549
Le Dantec (Félix). — De l'homme à la Science. Philosophie du xxe siècle. 717
— Science et Conscience. Philosophie du xxe siècle. 876
Rageot (Gaston). — Les savants et la philosophie. . 372
Schlomann (A.). — Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, allemand, russe, italien, espagnol), t. II : Electrotechnique. 248
Wallace (Alfred Russell). — La place de l'homme dans l'Univers; études sur les résultats des recherches scientifiques sur l'unité et la pluralité des mondes. 794

Thèses pour le Doctorat présentées aux Universités françaises et étrangères (1907-1908), *et analysées dans la Revue en* 1907.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Fréchet (Maurice). — Sur quelques points du calcul fonctionnel 410
Lambert (Armand). — Sur le développement de la fonction perturbatrice. 244
Mattson (Ruben). — Contributions à la théorie des fonctions entières. 330

2° SCIENCES PHYSIQUES

(*Physique et Chimie*).

Chénevéau (C.). — Recherches sur les propriétés optiques des solutions et des corps dissous. 670
Flusin (Georges). — Du rôle chimique de la membrane dans les phénomènes osmotiques. 33

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Académie des Sciences de Paris.

Séances des 16 décembre 1907 36
— 23 — — 36
— 30 — — 78
— 6 janvier 1908 78
— 13 — — 122
— 20 — — 122
— 27 — — 167
— 3 février — 167
— 10 — — 204
— 17 — — 204
— 24 — — 249
— 2 mars — 249
— 9 — — 250
Séances des 16 mars 1908 291
— 23 — — 291
— 30 — — 334
— 6 avril — 334
— 13 — — 373
— 21 — — 373
— 27 — — 414
— 4 mai — 414
— 11 — — 461
— 18 — — 461
— 25 — — 510
— 1er juin — 510
— 8 — — 550
— 15 — — 550
— 22 — — 590
— 29 — — 590

Digitized by Google

Séances des	6	juillet	1908	630
—	13	—	—	631
—	20	—	—	718
—	27	—	—	718
—	3	août	—	719
—	10	—	—	719
—	17	—	—	757
—	24	—	—	757
—	31	—	—	757
—	7	septembre	—	795
—	14	—	—	795
—	21	—	—	839
—	28	—	—	839
—	5	octobre	—	839
—	12	—	—	877
—	19	—	—	877
—	26	—	—	919
—	2	novembre	—	919
—	9	—	—	920
—	16	—	—	961
—	23	—	—	961
—	30	—	—	1006
—	7	décembre	—	1007

Académie de Médecine.

Séances des	17	décembre	1907	37
—	24	—	—	37
—	31	—	—	38
—	7	janvier	1908	79
—	14	—	—	79
—	21	—	—	123
—	28	—	—	123
—	4	février	—	168
—	11	—	—	168
—	18	—	—	205
—	25	—	—	205
—	3	mars	—	251
—	10	—	—	251
—	17	—	—	292
—	24	—	—	292
—	31	—	—	335
—	7	avril	—	335
—	14	—	—	374
—	21	—	—	374
—	28	—	—	415
—	5	mai	—	415
—	12	—	—	462
—	19	—	—	462
—	26	—	—	511
—	2	juin	—	511
—	9	—	—	551
—	16	—	—	551
—	23	—	—	591
—	30	—	—	591
—	7	juillet	—	631
—	15	—	—	631
—	21	—	—	674
—	28	—	—	720
—	6	octobre	—	840
—	13	—	—	878
—	20	—	—	878
—	27	—	—	878
—	3	novembre	—	921
—	10	—	—	921
—	17	—	—	962
—	24	—	—	962
—	1er	décembre	—	1007
—	8	—	—	1007

Société de Biologie.

Séances des	14	décembre	1907	38
—	21	—	—	88
—	28	—	—	79
—	11	janvier	1908	123
—	18	—	—	124
—	25	—	—	168
—	1er	février	—	169
—	8	—	—	206
—	15	—	—	206
—	22	—	—	206
—	29	—	—	251
—	7	mars	—	251
—	14	—	—	292
Séances des	21	mars	1908	292
—	28	—	—	335
—	4	avril	—	336
—	11	—	—	374
—	2	mai	—	415
—	9	—	—	462
—	16	—	—	463
—	23	—	—	511
—	30	—	—	512
—	6	juin	—	551
—	13	—	—	552
—	20	—	—	591
—	27	—	—	592
—	4	juillet	—	632
—	11	—	—	632
—	18	—	—	674
—	25	—	—	720
—	17	octobre	—	879
—	24	—	—	879
—	31	—	—	921
—	7	novembre	—	921
—	14	—	—	962
—	21	—	—	963
—	28	—	—	1007
—	5	décembre	—	1007

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BORDEAUX

Séances des	3	décembre	1907	39
—	7	janvier	1908	124
—	4	février	—	207
—	10	mars	—	293
—	7	avril	—	375
—	5	mai	—	463
—	2	juin	—	592
—	7	juillet	—	674
—	10	novembre	—	963

RÉUNION BIOLOGIQUE DE BUCAREST

Séances des	2	janvier	1908	124
—	30	—	—	207
—	5	mars	—	293
—	19	—	—	336
—	16	avril	—	415
—	7	mai	—	512
—	4	juin	—	552
—	25	—	—	633
—	2	juillet	—	721
—	16	—	—	721
—	5	novembre	—	1008

RÉUNION BIOLOGIQUE DE MARSEILLE

Séances des	19	novembre	1907	39
—	21	janvier	1908	169
—	18	février	—	252
—	17	mars	—	293
—	28	avril	—	463
—	7	mai	—	553
—	16	juin	—	593
—	10	juillet	—	675
—	17	novembre	—	1008

RÉUNION BIOLOGIQUE DE NANCY

Séances des	10	décembre	1907	80
—	27	janvier	1908	207
—	18	février	—	293
—	9	mars	—	336
—	7	avril	—	415
—	11	mai	—	512
—	10	juillet	—	721

Société française de Physique.

Séances des	6	décembre	1907	39
—	20	—	—	80
—	17	janvier	1908	169
—	7	février	—	207
—	21	—	—	252
—	6	mars	—	416
—	20	—	—	416
—	2	avril	—	416
—	1er	mai	—	464
—	19	juin	—	633

Digitized by Google

Séances des 3 juillet 1908 675
— 20 novembre — 1008
— 4 décembre — 1009

Société chimique de France.

Séances des 27 décembre 1907 80
— 10 janvier 1908 125
— 24 — — 170
— 14 février — 208
— 28 — — 252
— 13 mars — 336
— 27 — — 375
— 10 avril — 417
— 8 mai — 464
— 22 — — 512
— 12 juin — 593
— 26 — 633
— 10 juillet — 676
— 13 novembre — 963
— 27 — — 1010

SECTION DE NANCY

Séance du 18 mars 1908 293

Société Royale de Londres.

Séances des 7 novembre 1907 125
— 21 — — 171
— 30 — — 208, 209
— 5 décembre — 253, 294
— 12 — — 254
— 16 janvier 1908 375
— 23 — — 376
— 30 — — 418
— 6 février — 465
— 13 — — 465
— 20 — — 513
— 27 — — 553
— 5 mars — 593
— 12 — — 593
— 19 — — 634
— 26 — — 676
— 2 avril — 676
— 30 — — 721
— 7 mai — 758
— 21 — — 758
— 28 — — 759
— 4 juin — 759
— 18 — — 795
— 25 — — 840, 880, 964
Communications reçues pendant les vacances. 880

Société de Physique de Londres.

Séances des 24 janvier 1908 172
— 28 février — 254
— 13 mars — 294
— 27 — — 376
— 10 avril — 418
— 8 mai — 466
— 22 — — 553
— 12 juin — 594
— 23 octobre — 922
— 13 novembre — 964
— 27 — — 1010

Société de Chimie de Londres.

Séances des 21 novembre 1907 40
— 5 décembre — 81
— 19 — — 125
— 16 janvier 1908 172
— 6 février — 209
— 20 — — 255
— 5 mars — 295
— 28 — — 376
— 26 — — 419
— 2 avril — 466
— 7 mai — 514
— 21 — — 553
— 4 juin — 594
Séance du 18 juin 1908 677
Communications reçues pendant les vacances. 922
Séance du 22 octobre 1908 965
— 5 novembre — 1011
— 19 — — 1011

Société anglaise des Industries chimiques.

SECTION DE BIRMINGHAM

Séances des 28 novembre 1907 210
— 23 janvier 1908 377
— 13 février — 419, 554
— 12 mars — 722
— 7 mai — 760

SECTION CANADIENNE

Séances des 3 janvier 1908 634
— 28 février — 760
— 27 mars — 634
— 16 mai — 796

SECTION D'ÉCOSSE

Séances des 25 octobre 1907 82
— 29 novembre — 210
— 18 février 1908 377
— 24 mars — 467

SECTION DE LIVERPOOL

Séances des 13 novembre 1907 210
— 15 janvier 1908 419
— 12 février — 377
— 12 mars — 760
— 8 avril — 554, 760

SECTION DE LONDRES

Séances des 4 novembre 1907 82
— 2 décembre — 126, 210
— 6 janvier 1908 . . . . . 210, 337
— 2 février — 337
— 2 mars — 377
— 6 avril — 419
— 4 mai — 554, 634
— 1er juin — 760
— 2 novembre — 1012

SECTION DE MANCHESTER

Séances des 6 décembre 1907 210
— 10 janvier 1908 210
— 7 février — 337, 419
— 3 avril — 554, 635

SECTION DE NEWCASTLE

Séances des 7 novembre 1903 82
— 16 janvier — 295

SECTION DE NEW-YORK

Séances des 24 janvier 1908 377
— 21 février — 378
— 20 mars — 419
— 24 avril — 635

SECTION DE NOTTINGHAM

Séances des 30 octobre 1907 . . . . 40, 81, 126
— 25 mars 1908 420
— 8 octobre — 1012

SECTION DE SYDNEY

Séances des 26 septembre 1907 82
— 13 novembre — 126

SECTION DU YORKSHIRE

Séances des 28 octobre 1907 . . . . . 40, 126
— 9 décembre — 126
— 20 janvier 1908 635
— 25 février — 378
— 18 mars — 420

Digitized by Google

Académie des Sciences de Berlin.

Séances des 24 octobre 1907 82
— 31 — — 82
— 7 novembre — 82
— 21 — — 83
— 28 — — 83
— 5 décembre — 83
— 19 — — 337
— 9 janvier 1908 467
— 16 — — 467
— 30 — — 468
— 6 février — 514
— 20 — — 515
— 5 mars — 554
— 12 — — 555
— 19 — — 595
— 26 — — 595
— 2 avril — 595
— 9 — — 595
— 23 — — 595
— 30 — — 595
— 7 mai — 678
— 14 — — 678
— 21 — — 678
— 4 juin — 722
— 18 — — 722
— 25 — — 722
— 9 juillet — 760
— 16 — — 796
— 23 — — 796

Société allemande de Physique.

Séances des 18 octobre 1907 83
— 1er novembre — 126
— 13 décembre — 295
— 10 janvier 1908 295
— 24 — — 296
— 21 février — 378, 420
— 6 mars — 515
— 20 — — 596
— 1er mai — 596
— 15 — — 678
— 29 — — 723
— 19 juin — 723
— 3 juillet — 923
— 20 — — 966
Mémoires adressés pendant les vacances 966
Séance du 23 octobre 1908 1012

Académie des Sciences de Vienne.

Séances des 5 décembre 1907 84
— 12 — — 84
— 19 — — 84
— 2 janvier 1908 127
— 9 — — 127
— 23 — — 210
— 6 février — 211
— 13 — — 255
— 20 — — 318
— 5 mars — 338
— 11 — — 338
— 19 — — 379
— 2 avril — 468
— 9 — — 468
— 14 mai — 556
— 21 — — 635
— 11 juin — 635
— 19 — — 679
— 2 juillet — 724
— 9 — — 924
— 15 octobre — 966
— 22 — — 967

Académie Royale des Lincei.

Séances de décembre 1907 127
— janvier 1908 211
— février — 338
— mars — 420
— avril — 555
— mai — 555
— juin — 724

Académie des Sciences d'Amsterdam.

Séances des 30 novembre 1907 127
— 25 janvier 1908 257
— 29 février — 339
— 28 mars — 379
— 24 avril — 516
— 30 mai — 636
— 27 juin — 679
— 26 septembre — 967

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIX DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

A

Absorption. — Relation entre l'absorption sélective et la température, d'une part, et les phénomènes présentés par les premiers électrons d'une molécule au sein d'une substance 966
— Absorption de la lumière au sein de l'hydrogène incandescent 966
Académie. — Election à l'Académie des Sciences de Paris 173, 257, 881, 925
— A propos de l'élection de M. Poincaré à l'Académie française 213
— Election d'un secrétaire perpétuel à l'Académie des Sciences de Paris 557
Accumulateurs. — L'influence de la température sur la capacité des accumulateurs au plomb. 970
Acide sulfurique. — Les propriétés électrolytiques des solutions d'acide sulfurique 795
Acide urique. — Physiologie de l'acide urique. . . . 875
Aciers. — Les aciers spéciaux. 457
— L'emploi de l'acier au nickel dans la construction des ponts. 970
Actinium. — La distribution, dans les champs électriques, des dépôts actifs du radium, du thorium et de l'actinium. 294
— La condensation des émanations de l'actinium et du thorium 799
— Diffusion des émanations de l'actinium et du thorium 1010
Aéronefs. — Sous-marins et aéronefs 174
Aéroplanes. — Sur le problème de l'aviation et sa solution par les aéroplanes 416
— Oiseaux et aéroplanes. **974**
Aérostats. — Les aérostats dirigeables. 1° Principes de la direction des aérostats. **426**
— 2° Examen des divers types de dirigeables. . . . **479**
Affuts. — Mécanique des affûts 626
Afrique. — Mission Chari-Lac Tchad. L'Afrique centrale française, récit du voyage de la Mission . . 202
— Les voies ferrées de l'Afrique occidentale française. 1re partie : Programme général **225**
— 2e partie : Etude des diverses lignes **269**
— Memento du Colon de l'Afrique du Nord. Annuaire de l'Agriculture, 1908 793
— La conformation de l'Afrique au point de vue de la Géographie botanique. 796
— Les ports et les fleuves de l'Afrique occidentale française **942**
Agaves. — Die Agaven ; ihre Kultur und Verwendung. 333
Agendas. — Agendas pour 1908. 77
— Agenda Lumière 201
Agriculture. — L'agriculture danoise et ses progrès . 639
Agronomie. — Revue annuelle d'Agronomie **577**
Ailes. — A propos des oiseaux et de leurs ailes . . . 214
Aimantation. — Histoire de l'aimantation, au moyen des aimants naturels, des aiguilles de boussoles. 679
— Relation entre la perméabilité du fer et la fréquence d'aimantation 926
Air. — L'air comprimé à bord des navires 882
Albe. — L'aube et l'albe. **772**
Alcoolisme. — La lutte contre l'alcoolisme 959
Algérie. — Les stagiaires agricoles en Algérie 845
Algol. — La vitesse radiale d'Algol 682
Algues. — Les algues du Plancton. **642**
Alimentation. — Traité de l'Alimentation et de la Nutrition à l'état normal et pathologique. 589
— Que mangeons-nous? 875
Allemagne. — L'Allemagne moderne, son évolution . 121
— Notes sur l'organisation de l'Industrie chimique en Allemagne. **406**
Alliages. — Action du mercure sur les alliages des autres métaux. 171
— Influence d'un traitement thermique ou mécanique antérieur sur les propriétés magnétiques et surtout sur l'hystérèse des alliages de Heusler. . 296
— Sur le magnétisme des alliages de manganèse-antimoine. 515
— Recherches sur les eutectiques. I. Les alliages de plomb et d'étain 964
— Propriétés photo-électriques de l'alliage sodium-potassium 964
Alpes. — Les récents percements des Alpes autrichiennes 344
— La formation des grands lacs des Alpes **610**
Amérique. — Le mouvement scientifique en Amérique. 302
— Groupement des Universités et Grandes Ecoles de France pour les rapports avec l'Amérique latine . 473
— En Amérique latine 628
— Les richesses de l'Amérique centrale. 1004
Analyse. — Machine à faire automatiquement des analyses pour le dosage de l'anhydride carbonique dans les gaz industriels 727
Analyse chimique. — Analyse chimique appliquée aux essais industriels 119
— Précis d'Analyse chimique biologique générale. . 164
— Analyse chimique industrielle, t. II. Industries organiques 370
— Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais industriels, t. II. Chaux, mortiers et ciments, plâtres, produits céramiques, verres et glacures. 754
— Traité d'Analyse chimique industrielle, commerciale et agricole 835
Anatomie. — Revue annuelle d'Anatomie **986**
Angleterre. — La question des ferry-boats et les relations entre la France et l'Angleterre. 89
Anhydride carbonique. — Machines à faire automatiquement des analyses pour le dosage de l'anhydride carbonique dans les gaz industriels 727
— L'autolyseur, appareil pour la détermination automatique de l'anhydride carbonique. 760
Annuaire. — Annuaire de route de l'A. C. F. 629
— Annuaire des eaux minérales 959
Antennes. — Phénomènes présentés par les antennes communiquant avec les transformateurs de Tesla. 42
Antitoxine. — Recherches sur l'antitoxine diphtérique. 880
Apex. — Une nouvelle détermination de l'Apex solaire 725
Apprentissage. — La crise de l'apprentissage, ... 972
Argent. — Le voltamètre à argent. I. Comparaison de plusieurs formes de voltamètres à argent et détermination de l'équivalent électro-chimique de l'argent. 171
— II. La chimie du voltamètre à argent. 171
Argon. — L'indice de réfraction et la dispersion de la lumière dans l'argon et l'hélium. 418
Arsenic. — Les traitements arsenicaux en viticulture. 384
Art. — La valeur de l'Art 717

[1] Les **chiffres gras** reportent aux articles originaux.

Digitized by Google

Artères. — Sur la distribution des différentes artères qui alimentent le cerveau humain 253
Asie. — Les types humains inférieurs du sud-est de l'Asie **303**
— La rivalité anglo-russe au xixe siècle en Asie . . 958
Assurances. — Théorie mathématique des assurances. 456
Atlas. — Itinéraires dans le Haut-Atlas marocain . . 628
Atmosphère. — La conquête de l'atmosphère 129
— L'influence des substances radio-actives de l'atmosphère sur les résultats des mesures d'électricité atmosphérique 176
— L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère **701**
— La quantité d'émanation du radium présente dans l'atmosphère 970
Attraction. — Sur la loi de l'attraction moléculaire pour les points doubles électriques 680
Aube. — L'aube et l'albe **772**
Aurore. — Sur l'induction unipolaire et la cause probable des aurores polaires 1008
Australie. — Australian Insects 629
Auto-électrisation. — L'auto-électrisation du corps humain 929
Auto-induction. — La valeur de l'auto-induction d'après la théorie des électrons 516
Automobiles. — Traité général des Automobiles à pétrole 287
Autruche. — Elevage de l'autruche dans la colonie du Cap 928
Aviation. — Sur le problème de l'aviation et sa solution par les aéroplanes 416
Azote. — Analyse des oxydes de l'azote par leurs spectres d'absorption dans l'infra-rouge 514

B

Bactéries. — Les bactéries comme agents d'oxydation du carbone amorphe 594
Balance. — Instruments de pesage à systèmes articulés. 1re partie : Balance Roberval 586
Balaton. — Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees 245
Balistique — Balistique intérieure 368
Ballon. — La technique du ballon 75
— L'ascension des ballons météorologiques et la température de l'air supérieur 676
Ballons-sondes. — Lancers de petits ballons-sondes destinés aux observations météorologiques . . . 420
Bateaux. — La construction de bateaux en ciment armé 926
Béton. — La construction en béton armé. Guide théorique et pratique. I. Calcul et exécution des formes élémentaires 163
Bibliographie. — La bibliographie industrielle 77
Bières. — L'analyse des bières 635
Bolivie. — Chili et Bolivie. Etude économique et minière 332
Botanique. — Recueil de l'Institut botanique 76
Bougies. — La conversion de l'acide oléique en une substance servant à la fabrication des bougies . . 554

C

Cadmium. — Sur la pile au cadmium normale de Weston 171
Calcium. — Action antagoniste du calcium sur l'effet inhibitoire du magnésium 758
Calcul. — Calcul graphique et Nomographie 74
— Sur quelques points du Calcul fonctionnel 410
— Leçons élémentaires sur le Calcul des probabilités 753
Calorimètre. — Calorimètre-enregistreur pour l'essai des gaz combustibles 971
Canal. — Le Canal de Suez 670
Canard. — Le nerf vague du canard 972
Caoutchouc. — L'épuration des caoutchoucs résineux 800, 927
Cap. — Cap colony to day 755
— L'élevage de l'autruche dans la colonie du Cap . 928
Capillarité. — Sur la théorie de la capillarité 759
Carbone. — Les bactéries comme agents d'oxydation du carbone amorphe 594
Cardiogrammes. — L'inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes 45
Carènes. — Résistance des carènes 200
— La forme des carènes **572**
Carte. — Notice sur la carte hypsométrique de Portugal 371
Caustobiolithes. — Classification des caustobiolithes. 514
Cellules. — Expériences sur les cellules artificielles à parois liquides cristallines 723
Cellulose. — Sur quelques éthers simples ou mixtes de la cellulose 634
Céphalopodes. — Etudes de Paléontologie tunisienne. I. Céphalopodes des terrains secondaires 588
Céramique. — Le procédé de M. Garros pour les cuissons instantanées en céramique 260
— La céramique industrielle 958
Cercles. — Sur les observations du Soleil et des étoiles faites dans quelques cercles de pierres britanniques. III. Les cercles d'Aberdeen 418
— Le Cercle d'études de Gœttingue 973
Céruse. — Céruse et blanc de zinc 201
Cerveau. — Sur la distribution des différentes artères qui alimentent le cerveau humain 253
— La localisation des fonctions dans le cerveau du Lémur 294
Chaleur. — La conversion industrielle de la chaleur en électricité 87
Champ. — L'hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferromagnétique **99**
— Les champs de force électrique au voisinage immédiat des antennes 679
Champ magnétique. — Le dédoublement des composés chimiques très compliqués dans un champ magnétique fluctuant 467
Charbon. — Les causes de la décoloration des liquides par le charbon 423
Chili. — Chili et Bolivie. Etude économique et minière 332
Chimie. — Cours de Chimie organique 76
— Les progrès les plus importants des Disciplines chimiques dans les quarante dernières années :
— I. Le développement de la Chimie générale et de la Chimie physique **180**
— II. Le développement de la Chimie inorganique . **185**
— III. Le développement de la Chimie organique . . **236**
— IV. Le développement de la Chimie technologique **239**
— Revue annuelle de Chimie minérale **322**
— Traité-répertoire général des applications de la Chimie 547
— Manuel de travaux pratiques de Chimie organique. 628
— L'intervention de la Chimie organique dans la Photographie **658**
— Manuel de Chimie inorganique. Manuel de Chimie organique 792
— Traité de Chimie légale 792
Chimiste. — Memento du chimiste 412
— Le chimiste Z. Roussin. Chimie. Physiologie. Expertises médico-légales 587
Chloroforme. — La préparation du chloroforme au moyen de l'alcool et de l'acétone 377
Chlorophylle. — Sur la photosynthèse extra-cellulaire supposée de l'anhydride carbonique par la chlorophylle 294
Choc. — Eléments de la mécanique du choc 714
— Le choc longitudinal des barreaux et les constantes élastiques dynamiques des métaux 798
Cholestérol. — L'origine et la destinée du cholestérol dans l'organisme animal 593
Chrome. — Procédé volumétrique pour la détermination du chrome par le chlorure titaneux 760
Ciel. — Particularité des régions nébulaires dans le ciel 382
Ciment. — La construction de bateaux en ciment armé 926
Clinique — Précis des examens de laboratoire employés en Clinique 460
Cœur. — Les maladies du cœur et leur traitement . . 756
Cohéreur. — Causes de la conductivité d'un cohéreur due aux chocs mécaniques 1012
Collection. — Collection Edmond Pellat 6, 88
Colloïdes. — Les propriétés physiques des colloïdes hydro-oxy-chloro-ferriques. Essai d'une définition de l'état micellaire **614**
— Les colloïdes dans la fabrication du sucre 764
— La sensibilité lumineuse des colloïdes 927
Colonies. — Les ressources agricoles et forestières des colonies françaises 120
— Contributions à la Géologie des colonies françaises 413
Comètes. — Les comètes 297

Digitized by Google

Comètes. — La comète Daniel (1907 *d*). 422
— Une comète mystérieuse 558
— Spectre de la comète Daniel (1907 *d*). 763
— La comète 1908 *c*. 841
Commerce. — Le commerce de la France en 1907. . . 885
Compas. — Déviation des compas. Etude géométrique. Compensation du compas Thomson. 410
— Sur un compas électromagnétique pour blockhaus, cuirassés et sous marins. 416
Concentration. — Théorie de la concentration superficielle de Gibbs, regardée comme base de l'absorption. 254
Condensation. — Influence de l'ozone sur la condensation de la vapeur d'eau 515
— Influence de traces de gaz nitreux sur la condensation de la vapeur d'eau. 797
Conductivités. — Effet des basses températures sur les conductivités thermiques des métaux purs et des alliages. 254
— Conductibilité électrique du soufre liquide. . . . 923
— Cause de la conductivité du cohéreur due aux choses mécaniques 1012
Conférence. — La quatrième Conférence générale des Poids et Mesures 2
Congo-Cameroun. — Les résultats scientifiques de la Mission française de délimitation Congo-Cameroun (Mission Moll). 130
Congrès. — IIIe Congrès international du Pétrole. . . 43
— Le IVe Congrès allemand de Roentgénologie . . . 422
— Le IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome. 518
— VIIIe Congrès international de Zoologie. 559
— Le IXe Congrès international de Géographie . . . 729
— Le VIIe Congrès international de Zoologie 884
— Le Congrès international des Applications de l'Electricité **897**
Constante. — Détermination de la constante diélectrique de l'hélium. 723
Construction. — La Construction en béton armé. Guide théorique et pratique. I. Calcul et exécution des formes élémentaires. 163
Corps. — L'auto-électrisation du corps humain . . . 929
Cote d'Ivoire. — Les frontières de la Côte d'Ivoire, de la Côte d'Or et du Soudan 458
Courants. — Emploi du galvanomètre à cadre mobile comme instrument universel dans les mesures sur les courants alternatifs 207
— Enregistrement de courants terrestres pour l'étude du rapport entre le courant terrestre et la force du magnétisme terrestre 212
— Vibrations de courant continu à haute tension. . 519
— L'allure des températures dans les fils traversés par les courants alternatifs 971
Courants d'air. — Les courants d'air et les lois de la ventilation 507
Courbes. — Sur des courbes gauches du genre deux 516
— Les courbes gauches algébriques sur les surfaces réglées de l'ordre *n* à droite *n* — 1ple. 516
— Analyse des courbes de fréquence, d'après une méthode générale. 516
— Traité des courbes spéciales remarquables, planes et gauches 915
Courbure. — Appareil pour la mesure optique des courbures. 1009
Crachats. — Etude histochimique et cytologique des crachats 333
Creusets. — Emploi des creusets en iridium dans les opérations chimiques 758
Cristallisation. — La cristallisation de l'eau surfondue 638
Cristallographie. — Cristallographie 1002
Cristaux. — L'extinction oblique des cristaux rhombiques. 128
— Sur l'analogie dans la forme des cristaux chez les produits de substitution halogénés des hydrocarbures à chaîne ouverte. 256
— Sur la structure intime des cristaux. VI. L'oxyde de titane, ses polymorphes et isomorphes. . . . 376
— Note relative aux cristaux liquides, aux formes myéliniques et à la force musculaire. 596
— Relation entre la forme cristalline et la constitution chimique des dérivés picryliques. 722
Croisements. — Les croisements et l'hérédité des caractères (La loi de Mendel). **27**
— Résultat du croisement des pois ronds avec les pois ridés, spécialement au point de vue de leurs grains d'amidon 209
Cubiques. — Sur des congruences de cubiques gauches en relation avec une transformation cubique. . . 635
Cuirassés. — Les cuirassés modernes. 1re Partie : Evolution du cuirassé, puissance offensive. **777**
— 2e Partie : Armement et propulsion. **813**
Cuivre. — Méthode pour déposer des solutions aqueuses, le cuivre sur le verre, sous forme d'une pellicule mince à réflexion brillante, et pour obtenir ainsi un miroir au cuivre 171
— La production du cuivre et son marché en 1907 . 383
Cyanamide. — La fabrication industrielle de la cyanamide de calcium. **982**
Cyanogène. — La présence du cyanogène dans l'espace interplanétaire. 637

D

Décacyclène. — Un dissolvant organique du graphite, le décacyclène. 520
Décharge. — La décharge électrique dans les gaz monoatomiques. 125
— L'effet de l'hydrogène sur la décharge d'électricité négative du platine chaud. 466
— Les décharges électriques à travers les distances très petites. 926
Déclinaison. — La marche de la déclinaison magnétique à Kew de 1890 à 1900 254
Décoloration. — Les causes de la décoloration des liquides par le charbon 423
Déformations. — Les déformations des corps solides produites par les pressions uniformes élevées . . 337
Désinfection. — La désinfection des livres fermés. . 205
Détecteur. — Influence de la température sur les constances d'un détecteur électrolytique. 252
— Un signal d'appel pour détecteur électrolytique . 416
— Un détecteur d'ondes au tantale, applicable à la télégraphie et à la téléphonie sans fil 758
Diamant. — Conversion du diamant en coke dans un vide élevé par les rayons cathodiques 375
Dictionnaire. — Dictionnaires techniques illustrés en six langues (français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol) 248
Diffusion. — Nouvelle méthode de mesure du coefficient de diffusion 553
Dispersion. — Sur la dispersion anomale des vapeurs métalliques. 296
— Sur la dispersion du mercure, du soufre, du phosphore et de l'hélium gazeux. 513
Dynamique. — Dynamique appliquée 586
Dyspeptique. — Hygiène du dyspeptique. 838

E

Eau. — Sauts de température de l'eau de mer. . . . 44
— Les eaux d'égout de Paris. Leur traitement par la méthode de l'épandage sur sol naturel, par la méthode biologique des lits de contact, par colonne épuratrice 120
— Applications thérapeutiques de l'eau de mer . . . 166
— Aguas minerales alcalinas de la Republica Argentina 245
— Sur la valeur des fosses septiques dans le traitement des eaux d'égout 378
— Le pouvoir de réflexion de l'eau. 379
— La cristallisation de l'eau surfondue. 638
— Eaux d'égouts et eaux résiduaires industrielles. Epuration, utilisation 873
— Annuaire des eaux minérales 959
— Manuel de l'eau. 1005
Ebullition. — L'effet de la pression sur le point d'ébullition du soufre 883
Eclipses. — Un nouveau procédé pour observer les éclipses de soleil 422
Ecole. — Ecole des Hautes-Etudes commerciales. . . 133
— Un projet d'écoles-élites pour les élèves exceptionnellement doués 685
Effet. — L'effet Zeeman dans les champs magnétiques faibles. 678, 723
— Les effets calorifiques produits par les rayons X dans le plomb et le zinc 726
Electricité. — La conversion industrielle de la chaleur en électricité. 87
— Etat actuel de la science électrique. Phénomènes. Applications, théories. 118

Digitized by Google

ELECTRICITÉ. — L'influence des substances radio-actives de l'atmosphère sur les résultats des mesures d'électricité atmosphérique 176
— Introduction à l'étude de l'Electricité statique et du Magnétisme 245
— Exposition internationale des applications de l'électricité 260
— Mesures électriques 289
— Elément de mécanique et d'Electricité 369
— L'année électrique, électrothérapique et radiographique 370
— Les grandes transmissions d'énergie électrique . **738**
— L'électricité 753
— Le mouvement récent des grandes applications de l'électricité **768**
— L'explication mécanique des phénomènes électriques dans l'hypothèse d'un éther universel continu 882
— Le Congrès international des applications de l'électricité **897**
ELECTROCUTION. — La résurrection des animaux électrocutés 177
ELECTROMÈTRE. — L'électromètre absolu à torsion de M. E. Salmon 675
ELECTRON. — La dynamique de l'électron **386**
— Nombre d'électrons à liaison quasi-élastique contenus dans l'atome d'hélium 596
— Les électrons positifs 598
— L'émission d'électrons par les oxydes métalliques incandescents 723
ELECTRO PHYSIOLOGIE. — Comparative Electro-physiology. A physico-physiological study 202
ELECTROTECHNIQUE. — Exercices et projets d'Electrotechnique 201
EMANATION. — Sur la diminution de l'émanation du radium dissoute dans l'eau 760
— La condensation des émanations de l'actinium et du thorium 799
— La quantité d'émanation du radium présente dans l'atmosphère 970
— La diffusion des émanations de l'actinium et du thorium 1010
— L'émanation du sodium 1012
EMBRYON. — Sur la nutrition de l'embryon jeune, spécialement chez le poulet 758
ENERGIE. — L'application de l'incinération des ordures ménagères à la production de l'énergie électrique 42
ENFANT. — Les enfants anormaux. Guide pour l'admission des enfants anormaux dans les classes de perfectionnement 203
ENSEIGNEMENT. — L'enseignement colonial en France et à l'étranger 959
ENZYMES. — Etudes sur l'action des enzymes. XI. Hydrolyse du raffinose par les acides et les enzymes 677
— XII. Les enzymes de l'émulsine 677
EQUATIONS. — Algebraic Equations 118
— Sur les équations cycliques aux unités du degré d'un nombre premier, dans la région de la racine carrée d'un nombre négatif 337
— Sur l'équation d'état d'une substance à la proximité du point critique fluide-gaz 340
— L'examen des poids dans les équations d'après le principe des moindres carrés 679
— Les équations personnelles dans l'observation des étoiles doubles 725
EQUIVALENT. — La mesure de l'équivalent mécanique de la lumière 171. 416
EROSION. — Le problème de l'érosion et du « surcreusement » glaciaires **90**, 844
ESPACE. — La présence du cyanogène dans l'espace interplanétaire 637
— Les espaces libres à Paris 845
ETHER. — Les origines de la théorie de l'ether **886**
ETINCELLE. — Le phénomène de l'étincelle courte . . . 419
ETOILES. — Le nombre des étoiles variables 42
— L'étoile β Lyrae comme étoile double 128
— La théorie du « double courant » des mouvements stellaires 173
— Sur la densité d'étoiles moyenne à des distances différentes du système solaire 339
— Les équations personnelles dans l'observation des étoiles doubles 725
— L'étoile double γ de la Vierge 763
— Les mouvements systématiques des étoiles . . . 882
EUROPE. — Leçons de Géographie. L'Europe 371
— Les races de l'Europe. II. La taille en Europe . . 958
EUTECTIQUE. — Recherches sur les eutectiques. I. Les alliages de plomb et d'étain 964
EVOLUTION. — L'évolution souterraine 508
— Un problème de l'évolution : la théorie de la récapitulation des formes ancestrales au cours du développement embryonnaire 1004
EXPOSITION. — La science à l'Exposition franco-britannique de 1908 46
— Exposition internationale des applications de l'électricité 260
— L'Exposition de Géographie coloniale 472
— Rapport général sur l'Exposition coloniale nationale de 1907 au Jardin colonial. II. Les productions végétales 518
— L'Exposition de Prague 559

F

FACULTÉ. — Un legs à la Faculté des Sciences de Paris. 385
FÉCONDATION. — Fécondation et stérilité dans les espèces domestiques 793
FEMME. — La femme dans la famille 549
FER. — Annuaire de la métallurgie du fer 289
— Sur le fer pur 595
— Propriétés magnétiques du fer absolument pur . . 679
— La perte d'hystérèse et les autres propriétés des alliages de fer sous de très petites forces magnétisantes 721
— La torsion du fer angulaire 796
— Relation entre la perméabilité du fer et la fréquence d'aimantation 926
FERMENT. — Le ferment alcoolique du suc de levure. III. La fonction des phosphates dans la fermentation du glucose par le suc de levure 676
FERROMAGNÉTISME. — L'hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferromagnétique **99**
FERRY-BOATS. — La question des ferry-boats et les relations entre la France et l'Angleterre 89
FILS. — L'allure des températures dans les fils traversés par des courants alternatifs 971
FILTRAGE. — Le filtrage des particules ultra-microscopiques 214
— Vitesse de l'eau à travers divers milieux filtrants. 760
FILTRATION. — A propos de la filtration des solutions colloïdales 423
— Le mécanisme de la filtration 634
FILTRE. — Filtres à sable non submergés 918
FLAMMES. — L'inscription des cardiogrammes au moyen des flammes fumantes 45
FLORE. — Manual of the New Zealand Flora 539
FLUORESCENCE. — Sur une fluorescence scintillante produite par les rayons β 596
FONCTION. — Sur le développement de la fonction perturbatrice 244
— Contributions à la théorie des fonctions entières. 330
— Recherches sur les fonctions ω 964
FONDATION. — La fondation Carl Zeiss 558
FORMULES. — Thermochimie et formules de constitution. Relations entre les chaleurs de combustion et la constitution des composés organiques **137**
FOSSES. — Sur la valeur des fosses septiques dans le traitement des eaux d'égout 378
FOUR. — Four électrique dans les milieux gazeux aux hautes pressions 382
FRANCE. — La question des ferry-boats et les relations entre la France et l'Angleterre 89
— Le commerce de la France en 1907 885
— L'enseignement colonial en France et à l'Etranger. 959
FULGURITES. — Expériences sur les fulgurites artificielles 418

G

GALVANOMÈTRE. — Emploi du galvanomètre à cadre mobile comme instrument universel dans les mesures sur les courants alternatifs 207
GALVANOPLASTIE. — Manuel pratique de galvanoplastie et de dépôts électrochimiques 916
— Manuel pratique de galvanoplastie 1003
GAZ. — Sur l'énergie nécessaire à la séparation des mélanges gazeux 40
— Décharge électrique dans les gaz mono-atomiques. 125
— Isothermes de gaz biatomiques et de leurs mélanges binaires 12

Digitized by Google

Gaz. — Les points d'inflammation des mélanges gazeux. 215
— Recherches sur les charges des ions positifs et négatifs dans les gaz 376
— Le gaz Blau. 635
— L'équation d'état « canonique » des gaz monoatomiques 722
— Gazkugeln. Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme 872
— Calorimètre-enregistreur pour l'essai des gaz combustibles 971
Générateurs. — Cours de Mécanique appliquée aux machines. Générateurs de vapeur 118
Genou. — La résection du genou. 344
Géographie. — Leçons de Géographie. L'Europe . . . 371
— L'Exposition de Géographie coloniale 472
— Revue de Géographie annuelle. 672
— Le IXe Congrès international de Géographie. . . 729
Géoïde. — Les courbures du géoïde dans le tunnel du Simplon 170
Géologie. — Traité de Géologie. I. Phénomènes géologiques 289
— Contributions à la Géologie des Colonies françaises. 413
— Travaux de Géologie et de Paléontologie coloniales au Muséum d'Histoire naturelle. 424
Géométrie. — Précis de Géométrie analytique. . . . 118
— The axioms of descriptive Geometry. 118
— Essai de Géométrie sphérique en coordonnées projectives 287
— Les origines, les méthodes et les problèmes de la Géométrie infinitésimale **846**
Glaces. — Le problème de l'érosion et du « surcreusement » glaciaires. **90**, 844
— La viscosité de la glace. 759
Glacier. — Les puissances mécaniques comparées d'un glacier et d'un torrent. 728
Glossaire. — Glossaire allemand-français des termes d'Anatomie et de Zoologie. 917
Glycogène. — Les variations du glycogène dans le placenta et le fœtus de lapine grosse. 553
Graisses. — Technologie et analyse chimique des huiles, graisses et cires 332
Graphite. — Un dissolvant organique du graphite, le décacyclène. 520
Gravitation. — Théorie modifiée de la gravitation. . 466
Greffage. — La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole. 371
Grottes. — Les grottes de Grimaldi. 836
Guyane. — L'abandon de la Guyane française 261
Gypse. — Les constantes optiques du gypse à différentes températures et l'expérience de Mitscherlich. 759

H

Haut-Logone. — La reconnaissance et l'étude scientifique de la région du Haut-Logone par la Mission Lenfant. 217
Havre. — Les transformations du port du Havre. . 601
Hélices. — Les hélices des navires à turbines. . . . 470
Héliomicromètre. — L'héliomicromètre de Hale. . . . 342
Hélium. — Le pouvoir de réfraction de l'hélium . . . 378
— Expériences sur la condensation de l'hélium par expansion 380
— L'indice de réfraction et la dispersion de la lumière dans l'argon et l'hélium. 418
— Sur la détermination de la constante diélectrique de l'hélium 723
— La liquéfaction de l'hélium 725
— L'hélium et la radio-activité dans les minéraux rares et communs 758
— Vitesse de production de l'hélium par le radium. 880
— Sur l'accumulation de l'hélium dans les temps géologiques 880
— Sur l'hélium dans les minéraux salins et ses rapports probables avec le potassium 880
Hématoblastes. — Observation directe des hématoblastes dans le plasma sanguin 45
Hérédité. — Les croisements et l'hérédité des caractères (La loi de Mendel). **27**
— Sur l'hérédité de la couleur de l'œil chez l'homme. 209
— Sur quelques traits de la transmission héréditaire du caractère albinos et de la fourrure pie noir chez les rats. 759
Homme. — L'homme est-il simple, double ou multiple? **359**
— La place de l'homme dans l'Univers; études sur les résultats des recherches scientifiques sur l'unité et la pluralité des mondes 794
Houille. — La technique de la houille blanche . . . 586
Huiles. — Technologie et analyse chimique des huiles, graisses et cires 332
— Effet de la vapeur surchauffée sur les huiles hydrocarburées des cylindres 377
Humus. — Les formations allochtones récentes de l'humus 467
Hygiène. — Notions d'Hygiène médicale 413
— Hygiène du dyspeptique 838
— Revue annuelle d'Hygiène **905**
Hystérèse. — Sur l'hystérèse dans les champs tournants. 170
— La perte d'hystérèse et les autres propriétés des alliages de fer sous de très petites forces magnétisantes 721
— L'hystérèse élastique et l'hystérèse magnétique. 883

I

Immunité. — Traité de technique et méthodique des recherches sur l'immunité. I. Les Antigènes . . . 673
Indes. — Ce que l'on disait des Indes occidentales avant Christophe Colomb **402**
Indicateur. — Un indicateur de vitesse 382
Inductance. — L'inductance de deux fils parallèles. . 594
Induction. — Sur l'induction unipolaire et la cause probable des aurores polaires 1008
Industrie. — Notes sur l'organisation de l'Industrie chimique en Allemagne **406**
— Les industries insalubres 838
Inflammation. — Les points d'inflammation des mélanges gazeux 215
Innervation. — Sur l'innervation réciproque des muscles antagonistes 294
Insectes. — Souvenirs entomologiques. Etudes sur l'instinct et les mœurs des insectes 459
— Australian Insects 629
Institut. — Le nouvel Institut de Chimie de l'Université de Paris 179
Invariant. — Invariants of Quadratic differential Forms 1001
Invention. — L'invention mathématique **521**
Invertébrés. — L'évolution des leucocytes et du tissu lymphoïde des Invertébrés **746**
Ionisation. — L'ionisation des gaz par les rayons X et la recombinaison initiale 464
Ions. — Recherches sur les charges des ions positifs et négatifs dans les gaz. 376
— Recherches sur les mobilités des ions dans les gaz. 675
Iridium. — Emploi des creusets en iridium dans les opérations chimiques 758
Irradiations. — Les irradiations électriques sur les plaques photographiques 965
Ixodidés. — Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des Ixodidés 166

J

Jais. — La genèse du jais 515
Japon — Au Japon. Choses vues 958
Jardins. — Les jardins zoologiques à l'étranger . . . 520
Jubilé. — Le Jubilé de M. Levasseur 969
Jupiter. — Jupiter sans satellites 129
— Sur les masses et les éléments des orbites des satellites de Jupiter. 339
— Nouvelle petite planète ou satellite de Jupiter . . 341
— La tache rouge de Jupiter. 549
— La huitième satellite de Jupiter 637
— Détermination photographique des éléments des orbites des satellites de Jupiter 721
Jute. — La production et la consommation du jute en 1906 176

K

Kairouan. — Tunis et Kairouan 838
Kilogramme. — Le volume du kilogramme d'eau. . . **262**

Digitized by Google

L

LABORATOIRES. — Les laboratoires scientifiques du Mont-Rose 385
— Laboratoire scientifique international du Mont-Rose. Travaux des années 1904-1907. 412
LACS. — La formation des grands lacs des Alpes . . **610**
LAINE. — La production et la consommation de la laine 641
LAMPES. — Les lampes à incandescence à filaments métalliques **283**
— Lampe à arc électrique de grande intensité, à réglage automatique 1012
LANGAGE. — Le langage musical et ses troubles hystériques 77
LÉMUR. — La localisation des fonctions dans le cerveau du Lémur 294
LÉPIDOLITE. — La fabrication de la lithine en partant de la lépidolite 635
LEUCOCYTES. — L'évolution des leucocytes et du tissu lymphoïde des Invertébrés **746**
LEVÉS. — Application de la photographie aux levés topographiques en haute montagne 546
LEVURE. — Le ferment alcoolique du suc de levure. III. La fonction des phosphates dans la fermentation du glucose par le suc de levure 676
— Méthode pour déterminer l'activité fermentative de la levure 760
LIQUÉFACTION. — La liquéfaction de l'hélium 725
LITHINE. — La fabrication de la lithine en partant de la lépidolite. 635
LIVRES. — La désinfection des livres fermés 205
LOI. — Les expériences de M. Landolt sur la loi de Lavoisier 471
LONGITUDES. — A propos d'un projet pour la détermination des longitudes sur terre et sur mer. . . . 257
LOT. — Le Lot : Padirac, Rocamadour, Lacave. . . . 119
LUMIÈRE. — La mesure de l'équivalent mécanique de la lumière. 171, 416
LUNE. — Parallélisme observé dans certaines formations à la surface de la Lune. 214
— La théorie du mouvement de la Lune. Son histoire et son état actuel **686**
LUTÉCIUM. — Sur le lutécium et le néo-ytterbium constituants de l'ancien ytterbium 633

M

MACHINES. — De la condensation dans les machines à vapeur 416
— Les nouvelles machines thermiques 626
— La machine humaine 800
MAÇONNERIE. — Maçonnerie. Les matériaux 753
MADAGASCAR. — Les richesses minérales de Madagascar 166
— La grande île de Madagascar 793
MAGNÉSIUM. — Action antagoniste du calcium sur l'effet inhibitoire du magnésium. 758
MAGNÉTISME. — La variation diurne du magnétisme terrestre 125
— Introduction à l'étude de l'électricité statique et du magnétisme 245
MALT. — Développement et progrès de la fabrication du malt. 958
MANGANINE. — Variation, avec l'humidité atmosphérique, des résistances en manganine. 843
MARS. — L'expédition Lowell dans les Andes, pour l'observation de Mars 2
— L'eau dans l'atmosphère de Mars 214
— Is Mars habitable? 506
MASSE. — La masse matérielle des corps est elle variable? **855**
MATHÉMATICIENS. — Le IVe Congrès international des Mathématiciens à Rome. 518
MATHÉMATIQUES. — Vorlesungen über Geschichte der Mathematik 163
— La Mathématique. Philosophie, enseignement . . 200
— L'invention mathématique **521**
— La Mathématique dans ses rapports avec la Physique. **602**
— Histoire des Mathématiques. T. II. Les Mathématiques modernes depuis Newton jusqu'à nos jours. 714
— Sur les premiers principes des Mathématiques. . 834
— L'avenir des Mathématiques. **930**
MAURITANIE. — Mission Gruvel pour l'étude et l'organisation des pêcheries de Mauritanie 46
MÉCANICIEN. — Le mécanicien industriel 330
MÉCANIQUE. — Cours de Mécanique appliquée aux machines. 1° Générateurs de vapeur 118
— 2° Moteurs animés, récepteurs hydrauliques, récepteurs pneumatiques 330
— Eléments de Mécanique et d'Electricité. 369
— Cours de Mécanique. I. Mécanique théorique. II. Mécanique appliquée. III. Hydraulique 753
— Lectures de Mécanique 956
MÉCANIQUE CÉLESTE. — Leçons de Mécanique céleste. . 790
— *Theoria Motus Corporum cœlestium in sectionibus conicis solem ambientum* 915
MÉDECINE. — Revue annuelle de Médecine **190**
— Formulaire synthétique de Médecine 333
— Introduction à l'étude de la Médecine 793
MÉDICAMENTS. — Médicaments microbiens. Bactériothérapie, vaccination, sérothérapie 1005
MÉLANGES. — Contribution à la théorie des mélanges binaires. VII. Sur la relation entre les quantités s_{12} et s_1 et s_2 se présentant dans la théorie d'un mélange binaire 680
MEMBRANE. — Du rôle chimique de la membrane dans les phénomènes osmotiques 33
— Les membranes liquides minces et les gouttelettes de liquides 763
MERCURE. — Action du mercure sur les alliages des autres métaux 171
MESURES. — Mesures électriques. 288
MÉTAL. — Traitement thermique du métal Muntz. . . 769
— Extension de la théorie électronique des métaux. 924
MÉTALLURGIE. — Annuaire de la métallurgie du fer . . 289
— Les Telchines et les origines légendaires de la métallurgie antique **449**
MÉTÉOROLOGIE. — L'organisation météorologique internationale 298
— Atlas météorologique pour l'année 1906, d'après 22 stations françaises 331
— Les bases de la Météorologie dynamique 915
MICROBES. — La lutte contre les microbes 629
MILIEUX. — L'examen optique des milieux isotropes et anisotropes 639
MINERAIS. — Préparation mécanique des minerais . . 33
MINÉRALOGIE. — Traité de Technique minéralogique et pétrographique. 1° Les méthodes optiques 165
MINÉRAUX. — Les reproductions artificielles de roches et de minéraux **345**
— Les productions minérales et l'extension des exploitations minières 458
MISSION. — Résultats scientifiques de la Mission française de délimitation Congo-Cameroun (Mission Moll). . 131
— La reconnaissance et l'étude scientifique de la région du Haut-Logone par la Mission Lenfant. . 217
— Les travaux géographiques de la Mission Arnaud-Cortier au Sahara **301**
MOLÉCULES. — Mouvement de systèmes de molécules non soumis à l'action des forces extérieures. . . 128
MOMENTS. — Méthode exacte pour mesurer les moments d'inertie 1010
MONTAGNES. — Le rôle des grands mouvements horizontaux dans la formation des chaînes de montagnes. **152**
MOTEURS. — Les moteurs à gaz 74
— Un moteur d'aviation de 120 chevaux 87
— Procédé pour la mesure des températures dans le cylindre d'un moteur à gaz. 125
— Le moteur à pétrole à bord des navires 682
MOUVEMENTS. — Influence du milieu sur les mouvements browniens 675
MUSCLES. — Sur l'innervation réciproque des muscles antagonistes 294
MUSÉES. — Guide anatomique aux Musées de sculpture. 290
MUSÉUM. — Travaux de Géologie et de Paléontologie coloniales au Muséum d'Histoire naturelle 424
MUSIQUE. — Essai d'une théorie cinématique de la musique **355**
MUTATION. — Les idées nouvelles sur l'origine des espèces par mutation **860**
MYCOLOGIE. — Les bases actuelles de la systématique en Mycologie 775

N

NAVIRES. — Les hélices des navires à turbines 470
— Le moteur à pétrole à bord des navires 682
— L'air comprimé à bord des navires 882

Digitized by Google

Nébuleuses. — Particularité des régions nébulaires dans le ciel 382
Nécrologie. — Lord Kelvin **219**
— Jules Janssen **223**
— L'œuvre d'Henri Becquerel **802**
— Mort de MM. A. Giard, H. Becquerel et E. Mascart. 681
— Alfred Giard 761
— E. Alluard 841
— W.-E. Ayrton 925
— Alfred Ditte 969
Néo-Ytterbium. — Sur le lutécium et le néo-ytterbium constituants de l'ancien ytterbium 633
Nerf. — Le nerf vague du canard 972
Neurasthénie. — Les vrais et les faux neurasthéniques. Silhouettes de névropathes 290
Nickel. — Sur les modifications des propriétés physiques du platine et du nickel soumis à un travail mécanique 470
Nitrification. — La nitrification dans des sols acides . 465
Nitrite. — La fabrication du nitrite de soude 554
Niveau. — Sur la hauteur du niveau de la mer à Amsterdam de 1700 à 1860 379
Nombres. — La distribution des nombres premiers . . 85
— La loi des petits nombres : Recherches sur le sens de l'écart probable dans les chances simples, à la roulette, au trente et quarante, etc., en général dans les phénomènes dépendant de causes purement accidentelles 626
— Nouvelle démonstration de la formule des nombres premiers de Riemann 796
Nomographie. — Calcul graphique et Nomographie. . 74
Nouvelle-Zélande. — Manual of the New Zealand Flora 589
Nuit. — La nuit claire du 30 juin 597

O

Obésité. — L'obésité : Symptomatologie et étiologie; anatomie et physiologie pathologique, traitement. 34
Objectifs. — Perfectionnement de la méthode de Foucault des tranchants de couteau, pour l'étude des objectifs de lunette 337
Observatoire. — Le nouvel Observatoire astronomique du Pic du Midi **940**
Océanographie. — Instruments et opérations d'Océanographie pratique 755
Œil. — Les effets nuisibles exercés sur l'œil humain par les rayons ultra-violets 766
Œuvres. — Œuvres de Ch. Hermite 872
Oiseaux. — A propos des oiseaux et de leurs ailes. . 214
— Encore le vol des oiseaux 258
— Oiseaux et aéroplanes **974**
Ondes. — La commande à distance, au moyen des ondes acoustiques, des opérations mécaniques. . 343
— Le mouvement non périodique ou résiduel de l'eau se mouvant en ondes stationnaires 418
— L'enregistrement photographique des ondes électriques 600
— Théorie des ondes rayonnées par un point chargé en mouvement 1012
Opalescence. — Interprétation des phénomènes d'opalescence critique 923
Opérations. — Théorie et pratique des opérations financières 546
Optique. — Die binokularen Instrumente nach Quellen bearbeitet 164
— Einführung in der theoretischen Optik 411
— Moyen d'illustrer les principes de l'Optique géométrique 466
— Optique physique, t. IV du Traité de la Physique et de ses principales applications 790
— The Theory of optical Instruments 1001
— The elementary Theory of the symmetrical optical Instruments 1001
Or. — Réduction du chlorure d'or par le charbon de bois 377
— Les propriétés optiques des solutions d'or colloïdales 764
— La production de l'or en 1907 765
Orbites. — Sur les masses et les éléments des orbites des satellites de Jupiter 339
— Détermination photographique des éléments des orbites des satellites de Jupiter 721
Ordures. — L'application de l'incinération des ordures ménagères à la production de l'énergie électrique 42
Oreille. — Sensibilité de l'oreille à la direction des sons explosifs 172
Osmose. — Du rôle chimique de la membrane dans les phénomènes osmotiques 33
Oxygène. — Les spectres de l'oxygène 678
Ozone. — L'état actuel de l'industrie de l'ozone . . . **58**
— La décomposition de l'ozone par la chaleur . . . 466
— L'origine de l'ozone et les causes de variation de l'acide carbonique dans l'atmosphère **701**
— Sur les tubes à ozone 760

P

Paléontologie. — Etudes de Paléontologie tunisienne. I. Céphalopodes des terrains secondaires 588
Pancréas. — Sur la sécrétion du suc pancréatique. . 6
Parabiose. — La parabiose artificielle des animaux à sang chaud 684
Parallaxe. — Parallaxe de la nébuleuse d'Andromède. 258
Particules. — Le filtrage des particules ultra-microscopiques 214
— Note relative au dénombrement des particules α par la scintillation 295
— Méthode électrique pour compter le nombre de particules α émises par les substances radioactives 795
— La charge et la nature de la particule α 795
— Sur la dispersion des particules α par la matière. 795
Pathologie. — La Société de Pathologie exotique . . 130
— L'Evolution de la Pathologie exotique **134**
— Manuel de Pathologie exotique 917
Pêcheries. — Mission Gruvel pour l'étude et l'organisation des pêcheries de Mauritanie 16
— Les pêcheries de Terre-Neuve en 1906 217
Pendules. — L'ajustage électrique à distance des pendules normales 299
— Un pendule électrique sans lien matériel 464
Percements. — Les récents percements des Alpes autrichiennes 344
Pérou. — Le Pérou économique 716
Perséides. — L'essaim des Perséides 41
Perturbations. — Le choc initial des perturbations magnétiques 389
Pétrole. — IIIe Congrès international du Pétrole. . . 43
— Exploitation du pétrole 716
Phagocytose. — Observations sur la phagocytose faites au moyen de la mélanine 465
— Influence de la température sur la phagocytose. 553
Phares. — Les phares électriques en France 843
— Phares et signaux maritimes 1001
Pharmacodynamie. — L'évolution de la Pharmacodynamie **537**
Pharmacologie. — Précis de Thérapeutique et de Pharmacologie 372
Philosophie. — Les savants et la philosophie 572
— De l'homme à la Science. Philosophie du XXe siècle. 717
Phosphorescence. — La phosphorescence animale . . 528
Photographie. — La photographie en couleur par le procédé Lumière appliquée à la Médecine 260
— Les progrès de la Photographie astronomique . . 456
— Application de la Photographie aux leves topographiques en haute montagne 546
— L'intervention de la Chimie organique dans la Photographie **658**
Photomètre. — Un photomètre à lecture directe . . 464
Photométrie. — Praktische Photometrie 835
Phylloxéra. — La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole 371
Physico Chimie. — Physico-Chimie et Biologie **174**
Physiologie — Revue annuelle de Physiologie. 1re partie : Généralités **66**
— 2e partie : Physiologie spéciale **405**
Physique — Traité de Physique . . . . . 2 t. 1002
— Leçons de Physique générale 288
— Petit manuel de Physique pratique 372
— Précis de Physique 369
— Recueil de manipulations élémentaires de Physique 369
— Mémoires de Physique mathématique 457
— Cours de Physique. I. Mécanique physique. II. Thermodynamique. Théorie des ions 457
— Les découvertes modernes en Physique. Leur théorie et leur rôle dans l'hypothèse de la constitution électrique de la matière 547
— La Mathématique dans ses rapports avec la Physique **602**

Digitized by Google

Physique. — La Physique moderne, son évolution. . 127
— Cours de Physique. III. Electricité et Magnétisme. 957
Picryliques. — Relation entre la forme cristalline et la constitution chimique des dérivés picryliques. 722
Pile. — Sur la pile au cadmium normale de Weston. 171
— L'emploi de la vapeur de sélénium pour la préparation des piles sensibles à la lumière. 726
Placenta. — Les variations du glycogène dans le placenta et le fœtus de lapine grosse. 553
Plancton. — Les algues du Plancton **642**
Planète. — La planète intramercurielle 129
— Nouvelle petite planète ou satellite de Jupiter . . 341
— Etude récente des spectres des grandes planètes. 469
Plantes — Les plantes tropicales de grande culture. 509
— Les plantes luisantes 765
Plaque photographique. — Action de la résine et des corps alliés sur la plaque photographique à l'obscurité. 758
Platine. — Sur les modifications des propriétés physiques du platine et du nickel soumis à un travail mécanique 470
Poids. — Recherches modernes sur les poids atomiques. **443**
Poids et Mesures. — La IVe Conférence générale des Poids et Mesures 2
Pois. — Résultat du croisement des pois ronds avec les pois ridés, spécialement au point de vue de leurs grains d'amidon. 209
Poisson. — L'élevage du poisson en captivité. 601
Polarisation. — Théorie de la polarisation galvanique. 467
Pôle. — La question antarctique d'après les voyages exécutés vers le pôle Sud depuis 1898. 1re partie : Histoire des expéditions. **527**
— 2e partie : Les résultats scientifiques **561**
Polypeptides. — La synthèse des polypeptides. . . . 678
Polytopes. — Sur les sections du réseau des polytopes de mesure M_n de l'espace E_n par un espace $E_{\alpha-1}$ perpendiculaire à une diagonale . . 379
— Sur la déduction des polytopes généraux de l'espace à quatre dimensions. 967
Ponts. — Ponts électriques en séléno-aluminium. . . 758
— L'emploi de l'acier au nickel dans la construction des ponts. 970
Porcelaine. — Qualités électriques de la porcelaine . 759
Port. — Les transformations du port du Havre . . . 601
— Ports maritimes. 790
— Les ports et les fleuves de l'Afrique occidentale française **942**
Portugal. — Notice sur la carte hypsométrique de Portugal 371
Potassium. — La radio-activité du potassium et des métaux alcalins. 842
— Sur l'hélium dans les minéraux salins et ses rapports probables avec le potassium 880
Potentiel. — Recherches sur les différences de potentiel au contact, déterminées au moyen des « solutions zéro » 234
— La théorie du potentiel et la « distribution fondamentale ». Le dernier théorème de Fermat . . . 557
— La variation diurne de la chute de potentiel. . . 598
— Sur la mesure du gradient de potentiel électrique de l'atmosphère et le courant terre-air. 634
Poulet. — Sur la nutrition de l'embryon jeune, spécialement chez le poulet. 758
Poussières. — Captage, évacuation et utilisation des poussières industrielles 834
Prague. — L'Exposition de Prague. 559
Précipitine. — Sur le poids de précipité qu'on peut obtenir dans les réactions de précipitine avec de faibles poids de protéines homologues. 465
Préparations — Guide de préparations organiques à l'usage des étudiants 370
Pression. — Influence de l'augmentation de pression barométrique sur l'homme. IV. Le rapport de l'âge et du poids du corps avec les effets de décompression 253
Prix. — Les Prix Nobel pour 1907. 1
— Le Prix Hodgkins. 179
— Le Prix de la Société Kepler 520
— Le Prix de la Société météorologique allemande . 797
— Les Prix Nobel pour 1908 . . . . . 881, 969
Projectiles. — Les trajectoires des projectiles de tir avec diverses formes de tête. 634
Projection. — La projection stéréoscopique 683
Promé. — Promé et Samara 1005
Prophylaxie. — Prophylaxie internationale et nationale 509
Protistologie. — La protistologie. Son histoire. Quelques-uns de ses récents progrès. **313**
Pylore. — Le contrôle acide du pylore. 300
Pyrites. — Les pyrites 508

R

Race. — Sur les caractères craniens et faciaux de la race de Neandertal 208
— Les races de l'Europe. II. La taille en Europe . . 958
Radio-activité. — L'état actuel de nos connaissances sur la radio-activité. 1° La découverte des corps radio-actifs **691**
— 2° Les transformations des substances radio-actives **730**
— L'hélium et la radio-activité dans les minéraux rares et communs. 758
— L'influence de la température sur les conversions radio-actives 763
— Méthode électrique pour compter le nombre de particules α émises par les substances radio-actives 795
— La radio-activité du potassium et des métaux alcalins. 842
— Appareils pour la mesure de la radio-activité d'après la méthode électroscopique 1008
Radium. — Distribution, dans les champs électriques, des dépôts actifs du radium, du thorium et de l'actinium. 294
— Détermination du poids atomique du radium. . . 593
— Sur la diminution de l'émanation du radium dissoute dans l'eau. 760
— Les différentes espèces de rayons γ du radium et leurs rayons secondaires 765
— La teneur en radium des sédiments océaniques . 800
— Vitesse de production de l'hélium par le radium 880
— La quantité d'émanation du radium présente dans l'atmosphère 970
Raies. — Sur l'interprétation théorique des raies spectrales. 39, 169
— La décomposition magnétique des raies du spectre et l'intensité du champ 128
— Expérience sur la décomposition magnétique des raies spectrales d'après la méthode de MM. Fabry et Pérot. 212
Rat. — Sur quelques traits de la transmission héréditaire du caractère albinos et de la fourrure pie noir chez les rats 759
Rate. — La rate, organe d'échanges ferrugineux. . . 844
Rayons. — La protection des yeux contre les rayons ultra-violets. 89
— L'éparpillement des rayons β de l'uranium par la matière. 254
— Conversion du diamant en coke dans un vide élevé par les rayons cathodiques 375
— La vitesse des rayons X. 378
— Les rayons anodiques. 378
— Sur la nature des rayons γ 418
— Sur les rayons secondaires du radium. 515
— Sur une fluorescence scintillante produite par les rayons β 596
— Recherches sur les rayons β secondaires. 634
— Le dosage des rayons X en expérimentation biologique et en médecine **652**
— La distribution de l'intensité spectrale des rayons canaux dans l'hydrogène. 678
— Les effets calorifiques produits par les rayons X dans le plomb et le zinc. 726
— Les différentes espèces de rayons γ du radium et leurs rayons secondaires 764
— Les effets nuisibles exercés sur l'œil humain par les rayons ultra-violets 766
— Les rayons cathodiques secondaires engendrés par les rayons X 799
— La vitesse des rayons Röntgen 923, 966
— L'émission et la transmission des rayons Röntgen 964
Rayonnement. — Les fluctuations du rayonnement radio-actif 295
Réactions. — Sur le calcul des réactions photo-chimiques 296
— L'intradermo-réaction à la tuberculine. 878
Recalescence. — Recherches sur les courbes de recalescence 172
Récepteur. — Récepteur monophonique de grande sensibilité à note régiable. 1009

Digitized by Google

RECHERCHES. — Une nouvelle subvention aux recherches scientifiques 218
RÉFLEXION. — La réflexion sélective dans ses relations avec la composition chimique 130
— Le pouvoir de réflexion de l'eau 379
— Expériences sur le pouvoir de réflexion de l'eau. 515
RÉFRACTION. — Le pouvoir de réfraction de l'hélium. 378
— Indices de réfraction du bioxyde d'azote et des anhydrides sulfureux et sulfurique 513
— Recherches spectrohéliographiques de phénomènes causés par la réfraction anomale 968
RÉSEAUX. — Sur les réseaux quadrimensionaux et leurs sections tridimensionales 276
— Sur des réseaux quadrimensionaux et leurs sections avec des espaces 339
RÉSECTION. — La résection du genou 344
RÉSINE. — Action de la résine et des corps alliés sur la plaque photographique à l'obscurité 758
RÉSISTANCE. — Sur la résistance électrique de la matière en mouvement 591
— Résistance d'un conducteur dont la section change brusquement 594
— Variation, avec l'humidité atmosphérique, des résistances en manganine 843
RESPIRATION. — Sur le mécanisme de la respiration . 465
RÉSURRECTION. — La résurrection des animaux électrocutés 177
REVUE. — Revue annuelle de Physiologie. 1re partie : Généralités **66**
— 2e partie : Physiologie spéciale **106**
— Revue annuelle de Médecine **190**
— Revue annuelle de Chimie minérale **322**
— Revue annuelle d'Agronomie **577**
— Revue annuelle d'Hygiène **907**
— Revue annuelle d'Anatomie **986**
RHODÉSIA. — Illustrated handbook of North-Eastern Rhodesia 76
RIRE. — Le mécanisme physiologique et mental du rire **495**
ROCHES. — Les reproductions artificielles de roches et de minéraux **345**
ROENTGÉNOLOGIE. — Le quatrième Congrès allemand de Roentgénologie 422
ROUTES. — Construction et entretien des routes et chemins 32

S

SAHARA. — Les travaux géographiques de la Mission Arnaud-Cortier au Sahara 301
— Sahara algérien 916
SAMARA. — Promé et Samara 1005
SATELLITE. — La formation de notre satellite 341
SATURNE. — La découverte de l'anneau de Saturne par Huygens 32
SAVANTS. — Les savants et la philosophie 372
SAVOIE. — Les sources thermominérales de la Savoie. **825**
SCANDIUM. — Recherches sur le scandium 722
— La présence, très commune, sur la terre, du scandium 796
— Le spectre du scandium et ses relations avec le spectre solaire 880
SCIENCE. — La Science économique 35
— Science et conscience. Philosophie du XXe siècle. 876
— L'évolution des sciences 918
SCINTILLATION. — Note relative au dénombrement des particules α par la scintillation 296
SÉCRÉTION. — Sur la sécrétion du suc pancréatique . . 6
SÉDIMENTS. — La teneur en radium des sédiments océaniques 800
SÉISMOGRAPHE. — Un séismographe à enregistrement électrique 638
SÉLÉNIUM. — L'emploi de la vapeur de sélénium pour la préparation des piles sensibles à la lumière . . 726
SELF-INDUCTION. — Effets de la self-induction dans un cylindre de fer traversé par des courants alternatifs 513
SÉRIES. — Sur la multiplication des séries trigonométriques 339
— Leçons sur les séries trigonométriques 368
SIAM. — Le Siam et les Siamois 34
SIGNAUX. — Phares et signaux maritimes 1001
SIMPLON. — Les courbures du géoïde dans le tunnel du Simplon 170
SOCIÉTÉ. — La Société de Pathologie exotique 130
— Les médailles de la Société Royale de Londres . . 925
SODIUM. — L'émanation du sodium 101
SOL. — La nitrification dans des sols acides 46
SOLEIL. — Un nouveau procédé pour observer les éclipses de Soleil 422
— La détermination de la rotation du Soleil par les raies de l'hydrogène 469
— Nouvelle détermination de l'axe du Soleil . . . 681
— Une nouvelle détermination de l'Apex solaire . . 725
— Recherches sur la rotation du Soleil 797
— La température du Soleil et la détermination de la constante solaire 1009
SOLUTIONS. — A propos de la filtration des solutions colloïdales 423
— Sur la pression osmotique des solutions compressibles à une concentration quelconque. II. Cas où le solvant et le corps dissous sont volatils 513
— La tension superficielle des solutions salines aqueuses diluées 515
— Sur la tension de vapeur et la pression osmotique des solutions concentrées 634
— Recherches sur les propriétés optiques des solutions et des corps dissous 670
— Observations sur le temps employé par les corps pour se dissoudre 675
— Les propriétés optiques des solutions d'or colloïdales 764
— Les propriétés électrolytiques des solutions diluées d'acide sulfurique 795
— Etude des processus opératoires dans les solutions. VI. L'hydrolyse, l'hydrolation et l'hydronation comme déterminants des propriétés des solutions aqueuses 796
— VII. Les efficacités relatives des acides déduites de leur conductivité et de leur activité hydrolytique 796
— VIII. Influence des sels sur l'hydrolyse et détermination des valeurs d'hydratation 796
— IX. Détermination du pouvoir rotatoire optique . 796
— Viscosité des solutions de gélatine 965
SOLVANT. — Tension de vapeur et pression osmotique d'un solvant volatil 964
SON. — Sensibilité de l'oreille à la direction des sons explosifs 172
— Sur la perception de la direction du son 375
— Production des sons par les battements artificiels et explication des sons dits de réflexion 515
SONDAGE. — Nouvelle machine de sondage, utilisable sur les lacs et les rivières sans faire usage d'un bateau 759
SOUDAN. — Les frontières de la Côte d'Ivoire, de la Côte d'Or et du Soudan 453
— Le Plateau central nigérien. Une mission archéologique et ethnographique au Soudan français . . 874
SOUFRE. — L'effet de la pression sur le point d'ébullition du soufre 883
— Conductibilité électrique du soufre liquide 923
— Point d'ébullition du soufre 964
SOURCES. — Les sources thermominérales de la Savoie. **825**
SOUS-MARINS. — Sous-marins et aéronefs 174
SPECTRES. — Sur les spectres de flamme 208
— Sur le spectre du magnésium 254
— Le spectre d'absorption des vapeurs du benzène et de ses homologues à diverses températures et pressions et celui des solutions de benzène . . . 254
— L'influence de la température et de la magnétisation sur les spectres d'absorption sélective . . . 340
— Les spectres d'absorption des composés des terres rares à des températures qu'on obtient à l'aide de l'hydrogène liquide et leurs variations dans le champ magnétique 310
— Etude récente des spectres des grandes planètes. 469
— Analyse des oxydes de l'azote par leurs spectres d'absorption dans l'infra-rouge 514
— Sur les spectres de l'oxygène 678
— Influence de la température et de l'aimantation sur les spectres d'absorption et de fluorescence sélectives 723
— Spectre de la comète Daniel (1907 *d*) 763
— Le spectre du scandium et ses relations avec le spectre solaire 880
SPECTROSCOPIE. — Handbuch der Spectroscopie 715
STABILITÉ. — La théorie de la stabilité cinétique . . . 254
STAGIAIRES. — Les stagiaires agricoles en Algérie . . 845
STATISTIQUE. — Statistique mathématique 257
STÉRÉOSCOPE. — La projection stéréoscopique 683
STÉRILITÉ. — Fécondation et stérilité dans les espèces domestiques 793
SUCRE. — Les colloïdes dans la fabrication du sucre . 764

Digitized by Google

SURFACE. — Sur la surface cyclique minima 255
— Contribution à la connaissance des surfaces à courbure moyenne constante 256
SURTENSIONS. — Les surtensions dans le dégagement électrolytique des gaz. 600
SYNERGIE. — Sinergie sympatic-organiche. Auto-sinopsi iconografica sintetico-analitica comparata 716
SYSTÈME NERVEUX. — Histogenèse du système nerveux 514

T

TACHES. — Tremblements de terre et taches solaires . 86
TAILLE. — Les races de l'Europe. II. La taille en Europe 958
TECHNIQUE. — Manuel de Technique microscopique. . 34
TELCHINES. — Les Telchines et les origines légendaires de la métallurgie antique **449**
TÉLÉGRAPHIE. — Notions générales sur la télégraphie sans fil 75
— La télégraphie par ondes électriques. Introduction à la théorie et à la pratique 370
— Système de télégraphie sans fil dirigée 594
— Un détecteur d'ondes au tantale, applicable à la télégraphie et à la téléphonie sans fil 759
TÉLÉPHONIE. — Le problème téléphonique actuel en France **978**
TÉLÉ-PHOTOGRAPHIE. — Un nouveau principe de télé-photographie 215
TÉLÉ-STÉRÉOGRAPHE. — Le télé-stéréographe Belin. . . 4
TEMPÉRATURE. — Procédé pour la mesure des températures dans le cylindre d'un moteur à gaz . . . 125
— La mesure de températures très basses 212
— Analogies dynamiques de l'équilibre de température 294
— Application des basses températures à quelques problèmes chimiques. I. Emploi du charbon de bois à la détermination des densités de vapeur. . 513
— Sur la mesure de températures très basses . . . 636
TENSION. — La détermination des tensions critiques dans les corps solides. 515
TERRE. — Quel savant a, le premier, imaginé le mouvement de la Terre? 85
— Sur la représentation de la surface de la Terre au moyen d'harmoniques sphériques des trois premiers degrés 721
TERRE-NEUVE. — Les pêcheries de Terre-Neuve en 1906. 216
THÉORÈME. — L'extension du théorème de Clausius. . 416
— La théorie du potentiel et la « distribution fondamentale ». Le dernier théorème de Fermat. . . 557
THÉORIE. — La valeur de la Théorie physique. **7**
— Contributions à la Théorie des fonctions entières. 330
— Leçons élémentaires sur la Théorie des fonctions analytiques. 1° Les fonctions en général 670
— Les paradoxes de la Théorie des ensembles . . . 681
— La Théorie des nombres premiers. 762
THÉRAPEUTIQUE. — Précis de Thérapeutique et de Pharmacologie 372
— Aide-mémoire de Thérapeutique. 717
THERMOCHIMIE. — Thermochimie et formules de constitution. Relations entre les chaleurs de combustion et la constitution des composés organiques. **137**
— Thermochemistry 672
THIO-SULFOCARBAMATES. — Propriétés des thiosulfocarbamates métalliques 465
THORIUM. — Distribution, dans les champs électriques, des dépôts actifs du radium, du thorium et de l'actinium. 294
— La condensation des émanations de l'actinium et du thorium 799
— La diffusion de l'émanation de l'actinium et du thorium. 1010
TIMBRE. — Timbre de quelques instruments de l'orchestre 726
TIR. — Sulle probabilita di colpire 200
— Effet d'un vent transversal sur le tir des projectiles 759
TISSU. — L'évolution des leucocytes et du tissu lymphoïde des Invertébrés **746**
TORSION. — La torsion du fer angulaire. 796
TOUPIE. — Explication des bandes colorées qu'on aperçoit en faisant tourner une toupie spectrale de Benham 553
TOXICOLOGIE. — Traité de Toxicologie. Application du microscope à la recherche des poisons végétaux 248
TRACTION. — La première ligne de traction monophasée en Angleterre : le chemin de fer Heysham-Morecambe. 884
TRAINÉES. — La nature physique des traînées météoriques 297
TRANSMISSION. — Nouveaux appareils pour la transmission à distance des dessins et photographies. . . 417
— Un nouveau procédé de transmission des mouvements de faible énergie 723
— Les grandes transmissions d'énergie électrique . . **738**
TREMBLEMENTS. — Tremblements de terre et taches solaires. 86
TRIPLETS. — Nouvelles expériences sur la décomposition asymétrique des triplets par le magnétisme 340
— Variation de la longueur d'onde de la raie moyenne des triplets dans le champ magnétique 340
TRYPANOSOMA. — L'évolution du *Trypanosoma equiperdum*. 594
TUBES. — Sur les tubes à ozone 760
TUBERCULOSE. — La diététique dans la tuberculose . . 376
— Influences modificatrices de l'évolution tuberculeuse. Recherches expérimentales 548
TUNIS. — Tunis et Kairouan. 838
TUNISIE. — Essai d'une description géologique de la Tunisie. Aperçu sur la Géographie physique. . . 548
TURBINES. — Théorie générique et expérimentale des turbines à vapeur et à gaz. 1re partie : Théorie générique. **19**
— 2e partie : Théorie expérimentale **47**
— Les Turbines à vapeur et à gaz. 244
TYPES. — Les types humains inférieurs du sud-est de l'Asie. **303**

U

UNITÉS. — La détermination du rapport V des unités électromagnétiques et électrostatiques. 633
UNIVERSITÉ. — Personnel universitaire. . . . 133, 385, 845
— L'Université de Paris en 1907. 425
— Groupement des Universités et Grandes Ecoles de France pour les rapports avec l'Amérique latine 473
— Les Amis de l'Université de Paris 885
URANIUM. — Eparpillement des rayons β de l'uranium par la matière. 254

V

VAPEURS. — Sur la dispersion anomale des vapeurs métalliques 296
— La sursaturation et la condensation nucléaire de certaines vapeurs organiques 722
VARIABLES. — Les relations entre les variables limitées à des régions données. 337
VENT. — Relation entre la vitesse du vent à 1.000 mètres d'altitude et la distribution de la pression à la surface. 593
VENTILATION. — Les courants d'air et les lois de la ventilation 507
VÉNUS. — La surface de Vénus et sa période rotative. 421
— Sur la rotation de Vénus 557
— Vénus sous forme d'anneau 598
VERRE. — Méthode pour déposer des solutions aqueuses, le cuivre sur le verre sous forme d'une pellicule mince à réflexion brillante et pour obtenir ainsi un miroir au cuivre. 171
VIBRATIONS. — Sur les vibrations latérales et la déviation des barreaux. 594
— Appareils de démonstration pour l'analyse des vibrations électriques. 596
— L'amortissement des vibrations électriques dans les circuits comportant des lampes à vapeur de mercure 799
VIE. — Le problème de croissance et de durée de la vie de l'homme et de quelques mammifères . . . 467
VIGNOBLE. — Monographie du vignoble de Côte-Rotie 34
VISCOSITÉ. — Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz. 163
— Sur la détermination de la viscosité aux températures élevées 463
— La viscosité de la glace. 759
— Viscosité des solutions de gélatine. 965

Digitized by Google

VITICULTURE. — Les traitements arsenicaux en viticulture 384
VOIES. — Les voies ferrées de l'Afrique occidentale française. 1re partie : Programme général. . . . **225**
— 2e partie : Etude des diverses lignes. **269**
VOL. — Encore le vol des oiseaux. 258
— Sur un cas singulier du vol de l'épervier. 342
VOLCANS. — Les volcans de la Terre. 1003
VOLTAMÈTRE. — Le voltamètre à argent. I. Comparaison de plusieurs formes de voltamètres à argent et détermination de l'équivalent électro-chimique de l'argent 171
— II. La chimie du voltamètre à argent 171
VOLUME. — Le volume du kilogramme d'eau. **262**

Y

YEUX. — La protection des yeux contre les rayons ultra-violets. 88
— Sur l'hérédité de la courbure de l'œil chez l'homme 209

Z

ZINC. — Céruse et blanc de zinc. 201
ZOOLOGIE. — VIIIe Congrès international de Zoologie. 559
— Le VIIe Congrès international de Zoologie. . . . 884

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

A

Abelous (J.-E.), 38, 335, 336, 462, 463, 512, 632, 674, 718, 1007.
Abney (Sir W. de W.), 254.
Abraham (H.), 37, 207, 249, 252, 590, **633**, 919, 1009.
Abrami (P.), 293, 374.
Achard (Ch.), 38, 79, 123, 124, 205, 251, 415, 511, 548, 632, 877, 879, 963, 1007.
Adam, 334.
Albahary (J.-M.), 205, 631, 962.
Alexandrescu (N.), 207.
Alexeieff (A.), 592, 922.
Alezais, 169, 252, 293.
Alilaire (Eug.), 552, 632, 720.
Allen (H.-S.), 1010.
Allison (Dr), 551.
Allmand (A.-J.), 172.
Alquier (J.), 122.
Alquier (L.), 375, 632.
Amaduzzi (L.), 420, 555.
Amagat (E.-H.), 291, 416.
Amann (M.), 37, 204.
Amans (P.), 291, 334.
Ambard (L.) 206, 336.
Ancel (P.), 632, 674, 720, 879, 921.
Andersen (N.), 37, 920.
Anderson (T.), 376.
Andouard (P.), 169.
Andoyer (H.), 78, 204, 291, 590.
André (Ch.), 124, 462, 630.
André (G.), 37, 79, 125, 591.
Andreasch (R.), 468.
Anfreville (L. d'), 758.
Angeli (A.), 127, 420, 555, 724.
Ange is d'Ossat (G. de), 555.
Angot (A.), 414, 878, 921, 961.
Anthony, 920.
Antoine (H.), 207.
Antoniu (A.), 721.
Apfelbeck (V.), 127.
Applebey (T.), 209.
Archbutt (L.), 40, 534.
Archer (R.-M.), 466.
Arendt (O.), 370.
Arloing (F.), 168, 415, 962.
Arloing (S.), 123, 291.
Armaingaud, 205, 631.
Armand-Delille (P.-F.), 922, 1007.
Armengaud, 416.
Armstrong (E.-F.), 677.
Armstrong (H.-E.), 677, 796.
Arrivaut (G.), 920.
Arth (G.), 412.
Arthaud (G.), 205, 249, 590, 878.
Arthus (Maurice), 121.
Arzalier (L.), 631.
Ascoli (M.), 415, 632, 674, 962.
Asteroth (P.), 296.
Athanasiadis (G.), 250, 719.
Athanasiu (J.), 124, 207, 336.
Aubert, 252.
Aubertin (Ch.), 252, 292, 552.
Auché (A.), 39, 207, 250.
Auché (B.), 464.
Auclair (J.) 204.
Audiffren, 36.
Audigé (J.), 719.
Auer (J.), 758.
Auger (V.), 36, 250, 253, 291, 337, 462, 510, 513, 551, 1010.
Auld (S.-J.-M.), 419, 466, 677.
Auric, 414, 550.
Ausset (Dr), 251, 1007.
Austin (P.-C.), 125, 922.
Auwers, 554.
Avery (D.), 377.
Aynaud (M.), 38, 251, 415, 511, 632, 879, 963, 1007.
Ayrton (Mme H.), 418.
Azambuja (L. d'), 719.
Azoulay (L.), 123.

B

Babes (V.), 124, 207, 293, 336, 415, 512, 552, 633, 721.
Bachelier (L.), 510.
Baddiley (J.), 923.
Baeyer (O. von), 678, 723.
Baglioni (S.), 556.
Baillaud (B.), 36, 204, 249, 590.
Baillaud (J.), 291, 718.
Bain (J.-W.), 796.
Baker (J.-L.), 419.
Baldet (F.), 877, 1006.
Ball (W.-C.), 554.
Balland (A.), 587.
Ballasio (A.), 724.
Balthazard (V.), 878, 1006.
Baly (E.-C.-C.), 677, 965, 1011.
Balzer (Dr), 335, 462.
Bamberger (M.), 84, 924.
Bar (Dr), 962.
Bar (P.), 592.
Barbier (Ph.), 78, 550, 590, 840.
Barbieri (A.), 555.
Barcat, 552.
Bard (Dr L.), 460.
Bardier (E.), 38, 335, 336, 462, 463, 512, 632, 674, 718, 1007.
Bardswell (N.-D.), 376.
Bargellini (G.), 420.
Barger (G.), 255, 295, 1011.
Barié (Dr), 374.
Barillé (Dr A.), 382, 921.
Barker (T.-W.), 125.
Barlow (W.), 758, 922.
Barnes (H. T.), 760.
Barnett (E. de B.), 514.
Baroni (V.), 632.
Barral (E.), 164.
Barrau (J.-A.), 212, 967.
Barret (G.), 963.
Barrett (E.), 126.
Barriol (A.), 287, 456, 546, 753.
Barrois (Th.), 462.
Barrowcliff (M.), 1011.
Barthe (L.), 249.
Barthélémy (E.), **738** à **746**.
Barthet (G.), 374.
Bartolotti (E.), 420.
Bary (P.), 839.
Basile (C.), 556.
Bassal, 462.
Bast (O. de), 201.
Bataillon (E.), 877, 878.
Batelman (H. R.), 840.
Battelli (A.), 211, 555.
Battelli (F.), 632, 963, 1007.
Baubigny (H.), 205, 414, 510, 550.
Baudet (Louis), 918.
Bauer (Dr), 463, 512.
Bauer (E.), 335, 920, 1010.
Baumel, 292.
Baumert (G.), 792.
Bay (I.), 123, 205, 250, 373.
Bazard (A.), 753.
Beaujard (E.), 252.
Beaulard (F.), 461.
Beauverie (J.), 37, 292.
Béchamp, 462.
Beck von Managetta (G.), 635.
Béclère, 37, 123, 168.
Becquerel (H.), 167, 204, 249, 757.
Becquerel (J.), 78, 80, 291, 334, 348, 590, 631.
Bedson (P.-Ph.), 82, 295.
Beevor (C.-E.), 253.
Béhal (A.), 125.
Behn (U.), 126.
Beille, 36.
Belin (Ed.), 417.
Bellini (E.), 461, 594.
Belloc (G.), 36, 718.
Bellucci (J.), 127, 211.
Bellucci (L.), 211.
Belluzzo (G.), 244.
Bemmelen (W. van), 212, 380.
Bénard (H.), 920, 961.
Bengough (G.-D.), 210, 595, 760.
Beni-Barde (Dr), 290.
Benjamin (H.), 205, 674.
Bennett (H.-G.), 40.
Benoit (A.), 551, 552.
Benoit (R.), 78.
Bentley (W.-H.), 253.
Berg (A.), 169.
Bergamasco, 921.
Berger (E.), 208, 249.
Berger (Paul), 878.
Berget (A.), 288, 462.
Bergonié (J.), 39, 293, 674, 963.
Bergtheil (C.), 82.
Berkeley (Comte de), 758.
Berl (E.), 634.
Berlioz, 205.
Bernard (A.), 919.
Bernard (L.), 552.
Bernheim (S.), 374, 631.
Berry (L.-H.), 965.
Bertheaume (J.), 550.
Berthelot (Alb.), 79.
Berthelot (D.), 961.
Berthier (A.), 626.
Berthon (P.), 961.
Bertin (E.-L.), 36, 961.
Bertrand (G.), 37, 125, 170, 204, 208, 250, 718, 719.
Bertrand (Léon), **152** à **162**, 878.
Bertrand (P.), 167, 961.
Berwerth (F.), 84, 636.
Besredka (A.), 511, 963.
Besson, 510, 550.
Besson (P.), 920.
Beurmann (de), 206.

[1] Les noms imprimés en **caractères gras** sont ceux des auteurs des articles originaux.
Les **chiffres gras** reportent à ces articles.

Digitized by Google

Bevan (E.-J.), 377.
Beyerinck (M.-W.), 636.
Beylié (L. de), 1005.
Bezdzik (A.-P.), 319.
Bianchi (E.), 555.
Bichat (E.), 245.
Bierry (H.), 206, 249, 374, 719, 721.
Bigot (A.), 290.
Bigourdan (G.), 36, 122, 334, 414, 839.
Bilderbeek van Meurs (Mme H.-R. van), 968.
Billard (A.), 919, 961.
Billard (G.), 963.
Billy, 593.
Binet (A.), 203.
Binet (E.), 206.
Binet (M.-E.), 1008.
Bion (Joseph), 201, 245, 411, 1002.
Biquard (R.), 249.
Birkeland (K.), 839.
Bitto (B. von), 556.
Blaauw (A.-H.), 968.
Blache (R.), 1007.
Blackmann (P.-H.), 172.
Blaise (E.-E.), 36, 250, 293, 334, 590, 718.
Blaizot (L.), 251, 292.
Blanc (A.), 630, 675.
Blanc (G.), 122, 168, 338, 370, 1010.
Blancarnoux (Paul), 330.
Blanchard (R.), 37, 559, 917, 1007.
Blanksma (J.-J.), 256, 636.
Blaringhem (L.), 36, 551.
Blayac (J.), 37.
Bloch (A.-M.), 879.
Bloch (E.), 169, 414, 461, 920.
Bloch (L.), 461, **886** à **897**, 920.
Bloch (M.), 463.
Blondel (A.), 877, 920.
Blondel (Georges), 560.
Blondin (J.), 40, 417.
Blondlot (R.), 245.
Bloxam (W.-P.), 82.
Blumenthal (R.), 167.
Bocat (L.), 124.
Bockwinkel (H.-B.-A.), 516.
Bœckel (J.), 123.
Bœhm, 34.
Bœke (J.), 128, 636.
Boggio (T.), 127.
Bohn (G.), 38, 39, 80, 206, 335, 374, 512, 592, 878, 879.
Boidin (L.), 632.
Boinet (E.), 37, 551, 591, 921.
Bois, 719.
Bois (H.-E.-J.-G. du), 340, 380, 516, 723.
Bollé (E.), 1012.
Bondouy (Th.), 961.
Bone (W.-A.), 126, 677, 1011.
Bonnamour, 123.
Bonnard (A.), 674.
Bonne (C.), 79.
Bonneau (J.-A.), 586.
Bonnet (A.), 166.
Bonnier (G.), 78.
Bonnier (P.), 251, 591, 1006.
Boole Stott (Mme A.), 128, 212.
Bordas (F.), 79, 292, 414, 510, 840, 961.
Bordas (L.), 1008.
Bordier (H.), 720.
Borel (Em.), 590.
Borel (F.), 123.
Boresch (K.), 967.
Borgo (A.), 127.
Börnstein (R.), 420.
Borrel (A.), 251, 963.
Borrelly, 795, 919.
Bory (L.), 168.
Bosc (F.-J.), 462.
Boschetti (Frederico), 716.
Bose (Jagadis-Chunder), 202.
Bosler (J.), 334, 961.
Bossuet (R.), 204.
Botazzi (F.), 724.
Botezat (E.), 415.
Bouasse (H.), 457, 957.
Bouchacourt, 462.
Bouchard (Ch.), 78, 335, 878, 1007.
Boucher (V.), 292, 552.
Boudier, 758.
Boudouard (O.), 36, 171, 962.
Bougault (J.), 123, 170, 249, 334, 414, 591, 633, 719, 795, 1009.
Bouin (P.), 632, 674, 720, 879, 921.
Boulanger (A.), 245, 586, 715.
Boule (M.), 250, 836, 920.
Boulud, 124, 719, 963, 1006.
Boulvin (J.), 118, 331.
Bouman (Z.-P.), 256.
Bouquet de La Grye, 78, 334, 919.
Bourgeois (R.), 546.
Bourget (H.), 630.
Bourguignon (G.), 592.
Bourguignon (Mlle J.), 552, 592, 720.
Bourion (F.), 510.
Bourquelot (E.), 334, 839, 919.
Bourrey (G.), 835.
Bousfield (W.-R.), 376.
Boussac (J.), 1006.
Boussinesq (J.), 291, 334, 630, 631, 718, 719.
Boutroux (P.), 78.
Bouttieaux (le Ct), 334.
Bouty (E.), 961.
Bouveault (L.), 36, 76, 81, 122, 123, 167, 168, 1010.
Bouvier (E.), 414, 460.
Bouyssy (M.), 461, 510, **701** à **713**.
Bouzat, 122.
Bowen (J.-L.), 635.
Boyd (D.-R.), 466.
Boyer (Jacques), 163, 626, 714.
Braak (C.), 128, 516, 636.
Bradford (J.-R.), 209.
Bragg (W.-H.), 418.
Branca, 555, 595.
Brandeis, 674, 963.
Brandt (W.), 127.
Branly (E.), 250, 718, 719, 961.
Brasil (L.), 249, 251, 962.
Brassey (Lord), 78.
Brault (Dr), 292.
Braun (K.), 333.
Brauns (D.-H.), 310.
Brdlik (V.), 962.
Bréguet (L.), 122.
Breinl (A.), 594.
Breteau, 170.
Breton (M.), 124, 169, 206, 251, 334, 463.
Breuil (A.), 511.
Brezina (E.), 967.
Bricard, 334.
Bricka, 252.
Briggs (J.-F.), 377.
Briggs (R.-V.), 82.
Briggs (S.-H.-C.), 466.
Brill (O.), 922.
Brillouin (Marcel), 163, 169, 170, 961.
Brimont (E.), 374, 463, 632, 1008.
Briner (E.), 36.
Briot (A.), 252, 463, 593.
Brislee (F.-J.), 81.
Brissaud (E.), 463, 512.
Brissemoret (A.), 206, 718, 1007.
Brives (A.), 374.
Broca (André), **802** à **813**, 961.
Brochet (A.), 167, 877, 916, 963.
Brocq-Rousseu, 36, 251.
Broglie (M. de), 291, 461.
Bron (A.), 510, 630.
Brooks (E.-E.), 254.
Brot (M.), 294.
Brouwer (L.-E.-J.), 636.
Brown (H.-T.), 419.
Brown (J.-C.), 419.
Bruce (D.), 840.
Bruck (P.), 630.
Bruckmoser (J.), 84.
Bruckner (J.), 336, 415, 512, 552.
Bruckner (M.), 680, 967.
Brugnion (E.), 80.
Brula (A.-A.), 319.
Brulé (M.), 293, 374.
Brumpt (E.), 512, 552, 592, 674.
Bruneau (P.), 250.
Brunel (L.), 78.
Brunelli (G.), 127.
Brunet (Louis), 84, 338, 379, 468, 556, 724, 835, 924, 967.
Brunhes (Bernard), 332, 373, 559, 873, 916.
Brunhes (J.), **90** à **99**, 205, 844.
Bruni (G.), 127.
Bruntz (L.), 207, 250, 374, 462, 631, 721.
Bruyant (C.), 961.
Bryan (G.-H.), 294.
Bryan-Cookson, 721.
Buard (G.), 674.
Bucquoy, 37.
Buhl (A.), 122, 291.
Buisson (H.), 334, 510.
Bureau (Ed.), 839.
Bureau (G.), 878.
Burnet (Etienne), 620, 879.
Burrows (H.), 760.
Burt (F.-P.), 965.
Burton (A.-R.-G.-S.), 755.
Burton (C.-W.), 418, 466.
Busila (V.), 721.
Busquet (H.), 592, 632, 674, 879, 1008.
Butcher (Mlle D.-D.), 418.
Buttle (B.-H.), 677.
Byk (A.), 296.

C

Caille (H.), 334.
Cain (J.-C.), 377.
Calberla (R.), 635.
Calcagni (G.), 724.
Calciati (C.), 205.
Caldwell (R.), 756.
Calinesco (I.), 293.
Callendar (H.-L.), 125, 209, 634, 964.
Calmels (H.), 461.
Calmette (A.), 79, 168, 169, 334, 510, 511.
Calot (Dr), 168.
Calugareanu (D.), 1008.
Cambi (L.), 339, 724.
Cameron (Al.), 250, 554.
Campbell (N.-P.), 255, 295.
Camus (J.), 39, 168, 463, 592, 878, 921, 963.
Camus (L.), 38, 39, 78, 79, 375, 461, 510, 720.
Cantacuzène (J.), 721.
Cantone (M.), 338.
Cantor (Moritz), 163.
Cappon (T.-W.), 635.
Cardinaal (J.), 319.
Carnot (P.), 415, 880.
Carpentier (J.), 590.
Carré (P.), 551.
Carrus (S.), 839, 877.
Cartan (E.), 78, 167.
Carteret (G.), 373.
Cartier, 374.
Carulla (F.-J.-R.), 1012.
Cassie (W.), 209, 1010.
Castaigne (J.), 124.
Castel (J. du), 963.
Castex (Dr), 511.
Cathala (W.), 462.
Cathiard (A.), 78, 167.
Caullery (M.), 79, 415, 762, 918.
Caustier (E.), 960.
Cayeux (L.), 1006.
Cayla (W.), 674.
Cazeneuve (P.), 168, 205, 631.
Ceaparu (Mlle), 415.
Cépède (C.), 36, 78.
Cerletti (U.), 556.
Cernovodeanu (Mlle P.), 552.
Cesaris (P. de), 127.
Chabrié (C.), 511.
Chaine (J.), 39.
Challéat (J.), 626.
Chamberland (Dr), 415.
Chambrelent, 963.
Champy (C.), 511.
Chanoz (M.), 167, 920.
Chantemesse (A.), 123, 335, 630, 961.

Digitized by Google

Chapman (D.-L.), 922.
Chapman (H.-G.), 465.
Chapman (J.-E.), 376.
Chappuis (J.), 288.
Chaput (Dr), 879.
Chaput (E.), 631.
Charabot (Eug.), 167, 201, 205, 548, 631.
Charbonnier (P.), 368.
Charpentier (A.), 80, 207, 721.
Charpy (G.), 36, 290, 458.
Charron (F.), 461.
Chasles (H.), 587.
Chassagny, 1009.
Chassériaud (R.), **355 à 357**.
Chatin (J.), 795.
Chattaway (F.-D.), 171, 172, 377, 466, 677.
Chatton (Ed.), 124, 167, 552.
Chaudesaigues, 1006.
Chauffard (A.), 38, 415, 878.
Chaumat (H.), 78.
Chautard (J.), 168.
Chauveau (A.), 335, 374.
Chauvel, 374.
Chauvenet (Ed.), 461, 1006, 1007.
Chavasse (Dr), 374.
Chazy (J.), 36.
Cheeseman (T.-F.), 589.
Chenevard (W.), 793.
Chéneveau (C.), 37, 670, 675, 1008.
Chesneau (G.), 334.
Chevalier (A.), 202.
Chevalier (J.), 79, 122, 123, 718.
Chevallier (A.), 79, 250.
Chevron (Maurice), 548.
Chevroton (Mlle), 169.
Chiari (E.), 635.
Chick (F.), 377, 467.
Chilesotti (A.), 724.
Chiovenda (E.), 724.
Chiray (M.), 592, 1008.
Chirié (J.-L.), 206, 462.
Chofardet (P.), 630, 795.
Choffat (Paul), 371.
Chree (C.), 209, 254.
Chwolson (O.-D.), 200, 1002.
Ciamician (G.), 338.
Cingolani (M.), 420.
Cirera, 631.
Cisotti (U.), 555.
Ciuca (M.), 633, 721.
Ciusa (R.), 420, 721.
Clack (B.-W.), 553.
Claret, 123.
Clarke (H.-E.), 922.
Clarke (L.), 81.
Claude (G.), 40, 877.
Claude (H.), 79, 124, 206, 632, 674, 720.
Claude (O.), 168.
Clay (J.), 128, 636.
Clayton (A.), 209, 1011.
Clerc (A.), 169, 333.
Clerc (L.), 168.
Clerc (L.-P.), 461.
Clerget (Pierre), 35, 89, 121, 177, 217, 261, 333, 344, 384, 547, 601, 641, 673, 765, 845, 929, 973.
Clerk (D.), 758.
Clifford (W.), 760.
Cligny (A.), 36.
Clive Holland, 958.
Clos (D.), 839.
Clough (G.-W.), 466.
Cluzet (J.), 124, 335, 462.
Cohen (B.-S.), 553.
Cohen (J.-B.), 172.
Cohendy (M.), 38.
Cohsy, 463.
Colardeau (E.), 288, 457, 958.
Colin (Ed.-El.), 550.
Collier (W.-H.), 40.
Collin (Eug.), 248.
Collin (R.), 293.
Collot (Georges), 548.
Colombano (A.), 127.
Colson (A.), 81, 122, 170, 249, 336, 373, 416, 513, 1006.
Comas Sola (J.), 839.
Combes (P. fils), 167.
Combes (R.), 78, 1007.
Commont, 1006.
Compagno (L.), 211.
Comte (C.), 335.
Conrad (W.), 724.
Conroy (J.-T.), 419.
Contardi (A.), 555.
Contremoulins (G.), 919.
Cooke (W.-T.), 594.
Cooper (W.-R.), 209.
Copaux (H.), 630, 962, 1010.
Copeman (S.-M.), 880.
Corbino (O.-M.), 555.
Cordemoy (C. de), 790.
Cordier (M.), 879, 921.
Coreil (F.), 838.
Cornil (V.), 374.
Corput (van den), 251, 553.
Cosserat (Eug.), 78, 122, 167, 291.
Cosserat (Fr.), 78, 122, 167.
Costantin (J.), 719, 877, 919.
Costanzo (G.), 1012.
Cotte (J.), 293, 463, 593, 675.
Cotton (A.), 411, 630, 672, 718, 961.
Cotton (E.), 204.
Coudray (Dr), 292.
Coupin (H.), 631, 879.
Courmont (J.), 462, 511.
Courtade (D.), 206, 962.
Courty (F.), 631.
Cousin (H.), 204, 208, 292, 375, 591, 633, 719.
Cousin (P.), 757.
Couteaud (Dr), 551, 591.
Coutière (H.), 334, 335, 590.
Couvreur (E.), 80.
Coux (H. de La), **58 à 65**.
Couyat (J.), 920, 962.
Coward (H.-F.), 677, 1011.
Coyne (P.), 463.
Cramer (W.), 553.
Creeth (N.-A.), 922.
Crémieu (V.), 204, 919.
Crété (L.), 167.
Crewdson (Mlle M.-S.), 923.
Crithari (C.), 415, 463.
Crompton (H.), 1012.
Croneau (A.), **777 à 789, 813 à 824**.
Crookes (Sir W.), 722, 758.
Cross (C.-F.), 377.
Cross (W.-E.), 172.
Crossley (A.-W.), 295, 419, 553.
Crothers (D.), 796.
Crouzon (O.), 552, 720.
Crowther (J.-A.), 254.
Cruchet (R.), 674.
Crussard, 461.
Cruveilhier (L.), 168.
Cuénot (L.), 166, 794, **860 à 871**, 962.
Cuguillère, 251.
Culmann (P.), 164.
Cumming (Al.-Ch.), 210.
Cuningham (Mlle M.), 965.
Cunningham (E.), 964.
Curie (Mme S.), 720, 757.
Curot (Ed.), 793.
Cuthbertson (C.), 513.
Cyriax (Mlle E.-R.), 1012.

D

Dafert (F.-W.), 127.
Daguin (A.), 169.
Dainville (François), 551.
Dalby (W.-E.), 125.
Dally (J.-F.-H.), 465.
Dam (W. van), 680, 968.
Dangeard (P.-A.), 511.
Daniel (Lucien), 371, 631.
Danielopolu (D.), 124, 416, 512, 879, 1008.
Daniels (Fr.), 287.
Danlos (H.), 38.
Danne (J.), 249.
Darbishire (A.-D.), 209.
Darboux (G.), 414, 719, 757, 795, 839, **846 à 855**.
Dareste de La Chavanne (J.), 167, 719.
Darier (Dr), 79, 374.
Darmois (E.), 718.
Darwin (Sir G.), 36, 254.
Darzens (G.), 37, 253, 414, 417.
Dastre, 335.
Daudel, 877.
Daumézon (G.), 463, 553, 593, 675, 1008.
Daunay (R.), 462, 592.
Dautriche, 250.
David (P.), 373.
Davies (A.-H.), 81.
Dawson (H.-M.), 209, 677, 965.
Debat, 631.
Debauve (A.), 32.
Debeyre (A.), 38.
Debierne (A.), **691 à 700, 730 à 738**.
Debove, 717.
Debré (R.), 632, 720, 879.
Deeley (R.-M.), 759.
Defacqz (Ed.), 590, 631, 1006.
Defaut (A.), 556.
Degrais, 123, 511.
Dehéraïn (Henri), 473.
Dehorne (A.), 373.
Deinhardt (K.), 248.
Deininger (F.), 126.
Dejerine (J.), 251, 462.
Delafosse (M.), 458.
Delage (Y.), 204, 205, 839.
Delagenière (Dr), 205.
Delamarre (A.), 292.
Delanoë (P.), 795.
Delauney, 36.
Delbet, 374, 921.
Déléarde, 551, 552.
Délépine (M.), 252, 461, 465, 550, 593.
Delille (A.), 552, 1007.
Delorme (E.), 37.
Delorme (X.), 123, 168.
Demanche (R.), 293, 374.
Demerge (Emile), 34, 289.
Démolis (Ed.), 118.
Demolon (A.), 335.
Demoulin (A.), 590, 757, 795, 839, 877, 1006.
Deudy (A.), 758.
Denham (H.-G.), 40, 172, 377.
Denigès (G.), 207, 375, 592, 840, 919.
Deniker (J.), 838, 958.
Denizot (A.), 210.
Denjoy (A.), 122, 590, 631.
Dennstedt (M.), 792.
Dépéret (Ch.), 167.
Deprat (J.), 36, 291, 334, 718, 877.
Deprez (M.), 373, 461, 590.
Derrien (E.), 512.
Desch (C.-H.), 677.
Desgrez (A.), 79, 122.
Deslandres (H.), 550, 590, 719, 724, 757, 795, 919, 961, 1006.
Desplagnes (Lieutenant Louis), 874.
Devaux-Charbonnel, 37, 118, 550.
Dévé (F.), 336, 374, 415, 463, 879, 880, 922.
Dewar (Sir J.), 513, 880.
Dhéré (Ch.), 38, 206, 335, 374, 462.
Didsbury (Dr), 251.
Dienert (F.), 510, 511, 874, 918.
Diesselhorst (H.), 596, 966.
Dieulafoy (G.), 551, 921.
Dieupart, 374, 631.
Ditte (A.), 920.
Dittler (E.), 635.
Divers (Ed.), 40, 172, 511.
Dixon (A.-E.), 81, 377, 1012.
Dixon (H.-H.), 758.
Dobbie (J.-J.), 419.
Doby (A.), 250.
Docters van Leeuwen-Reynvaan (M.-J.), 128.
Docters van Leeuwen-Reynvaan (Mme W.), 128.
Dœlter (C.), 468, 924.
Dolezal (Ed.), 338.
Dominici (H.), 462, 552, 592, 632, 720.
Donald (J.-T.), 631.

Digitized by Google

Donau (J.), 338, 924.
Dop (P.), 205.
Dopter (Ch.), 463, 632, 720, 879, 880, 1005.
Dorée (C.), 593, 677, 923.
Dorsey, 633.
Dott (D.-B.), 377.
Doumer (E.), 204, 334, 414.
Douvillé (H.), 335, 631.
Doyen, 463, 720.
Doyon (M.), 38, 124, 167, 168, 169, 206, 251, 463, 512, 552, 592, 1008.
Dragoin (I.), 207, 1008.
Dreyfus (L.), 292, 336, 512, 592.
Drouin de Bouville (R. de), 207, 721.
Drysdale (Ch.-V.), 171, 376, 416.
Drzewina (Mlle A.), 552, 879.
Duane (W.), 461, 510.
Dubard (M.), 205.
Duboin (A.), 250, 373, 462.
Dubois (Ch.), 592.
Dubois (R.), 249.
Dubourdieu (J.), 674.
Duboux (M.), 631, 720.
Dubreuil (G.), 38, 79, 169, 206, 252, 336, 463, 512, 552, 921, 1007.
Dubreuil (L.), 877, 920.
Dubufe (Guillaume), 717.
Ducelliez (F.), 757, 1006.
Duclaux (J.), 81, 122, 423, 631
Ducloux (E.), 336.
Ducretet (E.), 253.
Duddell (W.), 209, 419.
Dudgeon (L.-S.), 465.
Dufestel, 1007.
Dufour (A.), 122, 167, 291, 373.
Dugast (J.), 385, 551.
Duhem (Pierre), **7 à 19**, 167, **402 à 406**, 414, 957.
Dumontpallier (Louis), 629.
Dumoulin, 510.
Dunlop (H.), 210.
Dunod, 77.
Dunoyer (L.), 37, 416, 920.
Dunschmann (H.), 461, 511.
Dunstan (A.-E.), 295, 554, 965.
Dunstan (W.-R.), 554.
Duparc (Louis), 165, 1006.
Dupérié (R.), 963.
Dupont (J.), 628.
Duprat (Mlle J.), 1006.
Dupuis (P.), 510.
Durand (E.), 36.
Durand-Gréville (E.), 719, **772 à 776**.
Duret (H.), 37.
Durroux (P.), 674.
Dutoit (P.), 631, 720.
Duval (H.), 205, 590, 591.
Dwelshauvers-Dery (V.), **855 à 860**.
Dybowski (A.), 675.
Dybowski (J.), 78, 919.

E

Eberhard (G.), 796.
Eckenstein (Ed.), 958.
Edgar (E.-C.), 840.
Effront (J.), 335.
Egoroff (D.-Th.), 36.
Ehni (M.), 592.
Eiffel (G.), 331.
Einthoven (W.), 256, 380.
Eisenmenger (G.), 414, 511, **610 à 614**, 1006.
Elder (H.-M.), 209.
Eldik Thieme (W. van), 516.
Elias (G.-J.), 340, 380, 516, 723.
Ellis (H.-R.), 40.
Emden (Dr R.), 872.
Emich (F.), 924.
Emrys-Roberts, 758.
Engel (Pierre), 410.
Engler (A.), 796.
Enriques (F.), 211.
Enriques (P.), 339, 724.
Enriquez (Dr), 79, 1008.
Epstein (S.), 679.
Erfle (H.), 296, 596.
Escallon (J.), 1007.
Esclangon (E.), 78, 122, 630, 718, 757, 795.
Esmonet (Ch.), 169, 206, 292, 336, 463, 512, 551.
Espine (Ad. d'), 511.
Espitallier (G.), 75.
Estanave (E.), 249, 633.
Etard (A.), 510.
Etienne (G.), 80, 207, 415, 720.
Eucken, 595.
Eumorfopoulos (N.), 964.
Eury, 117.
Evans (C. de B.), 295, 922.
Evans (S.), 337.
Everatt (R.-W.), 514, 595, 965.
Everdingen (E. van), 680.
Evieux, 590, 630.
Ewart (A.-J.), 294.
Ewing (J.-A.), 209.
Ewins (A.-J.), 295, 1011.
Exner (F.-M.), 210.

F

Fabre (J.-H.), 459.
Fabris (U.), 338.
Fabry (Ch.), 510.
Fabry (L.), 291, 334.
Faccin (Fr.), 122.
Faivre (Paul), 509.
Fanto (R.), 211.
Farman (H.), 122.
Farov (G.), 592.
Fassbender (H.), 515.
Faucon (A.), 250, 334.
Faure-Beaulieu, 462.
Fauré Frémiet (E.), 292, **313 à 321**, 552.
Fauvel (G.), 336.
Fauvel (P.), 415, 463, 875.
Fawcitt (C.-E.), 465, 514, 595.
Fayet, 632.
Fehr (H.), 368, 670.
Féjer (L.), 167, 1.006.
Fenton (H.-J.-H.), 554.
Fernet (Ch.), 37.
Ferré (G.), 674.
Ferreyrolles (P.), 963.
Féry (C.), 167, 204, 291, 464, 1009.
Fetherston (J.-T.), 419.
Feuillié (E.), 79, 123, 124, 206, 632, 1007.
Fèvre (H.), 371.
Feytaud (J.), 293.
Ficker (H. von), 84.
Fidon (L.), 963.
Fierz (H.-E.), 40, 255, 467, 594, 1011.
Fiessinger (Ch.), 168.
Fiessinger (N.), 38, 336, 374, 632.
Finnemore (H.), 677.
Fischer (C.), 679.
Fischer (Emil), 370, 467, 678.
Fischer (H.), 511, 590.
Fisher (K.), 595, 1011.
Fitzgerald (E.), 595.
Flammarion (Camille), 86.
Flaschner (O.), 514.
Fleig (C.), 168, 169, 205, 206, 335, 375, 415, 510, 592, 720, 879, 1006, 1007.
Fleming (J.), 964.
Fleming (R.), 1011.
Fleurieu (de), 719.
Fliche, 1.006.
Flurscheim (B.), 965.
Flusin (Georges), 33.
Foa (Mlle), 724.
Foix (Ch.), 1007.
Foley, 674.
Forbes (G.), 254.
Forcrand (de), 168, 250, 373, 718.
Ford (J.-S.), 467.
Fornario (G.), 123, 335.
Forster (M.-O.), 40, 172, 255, 419, 467, 594, 1011.
Fortant, 36.
Fortin (E.-P.), 251, 292, 510.
Fortineau (L.), 336, 374.
Fosse (R.), 36, 462, 531.
Foster (E.-H.), 419.
Fouard (E.), 204, 252, 253, 461, 593, 920, 961, 964.
Foucaud (J.), 375.
Fouët (Ed.-A.), 670.
Fouquet (Ch.), 36.
Fourneau (E.), 334, 336, 1010.
Fournier (L.), 123.
Foveau de Courmelles (Dr), 370, 920.
Fowler (A.), 880.
Fowler (G.-J.), 337.
Fox (J.-J.), 172.
Francesconi (L.), 211, 339.
Franck (J.), 318, 923.
François (M.), 551, 757, 877, 962.
François-Franck (Ch.-A.), 79, 206, 592, 632, 633, 721.
Frank (Ad.), 1012.
Frank (Ph.), 338.
Fréchet (Maurice), 410.
Fredericq (Léon), **66 à 73**, **106 à 117**.
Frémont (Ch.), 373.
Freundler (P.), 593, 628, 962.
Freydenberg, 205.
Fricker (M.), 200.
Friedel (J.), 373.
Friedlaender (P.), 379.
Friend (J.-A.-N.), 172, 514.
Frion (P.), 414.
Friswell (R.-J.), 377.
Fritel (P.-H.), 462, 877.
Frobenius (G.), 678.
Froggatt (W.-W.), 629.
Frois (Marcel), 834.
Froschel (P.), 468.
Frouin (A.), 206, 552, 592, 877, 880, 963
Fubini (G.), 330, 420, 555.
Fugiwara (M.), 555.
Furet (L.), 721, 879.

G

Gaede (W.), 84.
Gaillard (Dr), 548, 877.
Gaillard (G.), 461, 675.
Gaillot (A.), 78, 590.
Gain (Ed.), 36, 251.
Gain (G.), 249.
Gair (C.-J.-D.), 126.
Galesesco (P.), 38, 962.
Galippe, 251, 631.
Galitzine (B.), 834.
Gallardo (A.), 205.
Galletly (J.-C.), 467.
Galtier (V.), 415.
Galup (J.), 124.
Garçon (Jules), 77, 547.
Gard, 674.
Gardiner (J.-S.), 758.
Gardner (J.-A.), 593, 677, 923.
Gargam de Moncetz (A.), 462.
Garnier (M.), 38, 292, 336, 374, 511, 720, 921.
Garnier (R.), 961.
Garrigou (F.), 590.
Garrigou-Lagrange (P.), 590.
Garry (H.-S.), 722.
Garwood (E.-J.), 759.
Gascard (A.), 123.
Gatin (C.), 414, 512.
Gatin-Grnzewska (Mme Z.), 169, 250, 337.
Gaubert (Paul), 166, 373, 795, 877.
Gaucher (L.), 206.
Gaudechon (H.), 78, 167, 334, 337.
Gaudry (A.), 123, 511, 1006.
Gauducheau (A.), 293.
Gaulhofer (K.), 84, 468.
Gault (H.), 718.
Gaultier (R.), 463, 592.
Gaunt (R.), 82.
Gauss, 915.
Gauthier (P.), 632.
Gautier (A.), 203.

Digitized by Google

Gautier (Cl.), 38, 124, 167, 168, 169, 206, 251, 415, 463, 511, 512, 552, 963, 1008.
Gautier (E.-F.), 916.
Gautier (Ferdinand), 332.
Gautrelet (J.), 36, 207, 293, 592, 674, 963.
Gazdar (Mlle M.), 965.
Gebhard (M.-L.), 255.
Geerts (J.-M.), 968.
Gehrcke (E.), 83, 378, 723.
Gehringer (H.), 556.
Geiger (H.), 126, 795.
Geikie (Sir A.), 209.
Gellé (E.), 631.
Gemmel (W.), 554.
Gentes (L.), 293, 375, 463, 592.
Gentil (L.), 167, 168, 205, 219, 334, 590, 628.
Gérard (Eric), 201, 288, 720.
Gerber (C.), 38, 39, 169, 252, 293, 463, 510, 553, 593, 675, 840, 878, 1008.
Gerland (E.), 679.
Gernez (D.), 630.
Gessard (C.), 249.
Ghigi (A.), 339, 420, 555.
Giacobini, 795, 877.
Giaja (G.), 719.
Giaja (J.), 374, 674.
Gialdini (C.), 420.
Giard (A.), 79, 719.
Gibson (Ch.-S.), 81, 1012.
Gilbert (A.), 79, 336, 551, 674, 720, 878.
Gilling (Ch.), 553.
Gilmour (R.), 922.
Gimingham (C.-T.), 465.
Giran (H.), 550, 591.
Girard (Ch.), 412.
Girard (P.), 414.
Girardville, 334.
Giraud (G.), 921, 922.
Girault (P.), 461.
Girtler (R.), 635.
Gittins (J.-M.), 172.
Glangeaud (Ph.), 37, 120, 249, 251, 292, 518.
Glatzel (Br.), 923.
Gleditsch (Mlle), 205, 720.
Gley (E.), 204, 631.
Glover (W.-H.), 595, 677.
Gmeiner (A.), 127.
Godchot (M.), 79, 1006.
Godden (W.), 595.
Gold (E.), 593.
Goldstein (E.), 83.
Goris (A.), 167.
Gorter (E.), 252.
Gortner (R.-A.), 595.
Gothan (W.), 515.
Gouère, 204.
Gougerot (H.), 79, 206, 552, 879.
Gouin (A.), 169.
Goulding (E.), 295.
Goupil, 37, 79, 630.
Goursat (E.), 204.
Gouy (G.), 291, 550, 591.
Gowland (W.), 758.
Graaff (W. C. de), 252.
Grace (J.-H.), 758.
Gradenwitz (Alfred), 6, 45, 83, 84, 88, 127, 179, 248, 296, 300, 337, 379, 420, 423, 468, 515, 516, 555, 595, 596, 638, 678, 679, 684, 685, 723, 760, 766, 796, 801, 924, 966, 1012.
Gradinesco (A.), 336, 633.
Gradinesco (V.), 336.
Graebe (C.), **236** à **239**.
Gramont (A. de), 550, 716, 718, 719, **940** à **942**.
Grand'Eury, 551.
Grandori (R.), 724.
Granger (A.), **658** à **669**, 958.
Grassi (B.), 724.
Grau (A.), 255.
Gravier (Ch.), 123, 168, 463, 591, 632, 919.
Gray (R.-W.), 965.
Greaves (R.-H.), 466.
Green (A.-G.), 81, 126, 923, 965.
Green (W.-H.), 922.
Greenwood (H.-C.), 922.
Greenwood (M.), 253.
Gregory (A.-W.), 125, 514.
Gréhant (N.), 79, 415, 550, 591, 879.
Griffon (G.), 757.
Grignard (V.), 78, 840.
Grimaldi (C.), 556.
Grimbert (L.), 123.
Grobben (K.), 127.
Groot (G.-J. de), 128.
Grossmann (J.), 420.
Groves (Ch.-Ed.), 125.
Grünbaum (F.), 420.
Gruner (P.), 924.
Guéguen (F.), 167, 251, 461, 463, 756.
Guerbet (M.), 123, 204, 208, 337, 591, 630, 676.
Guérin, 78, 252.
Guérin (C.), 510, 511.
Guérive (G.), 1006.
Guiard (F.-P.), 168.
Guieysse (A.), 252, 316.
Guignard (L.), 78, 1006.
Guillain (G.), 38, 963.
Guillaume (Ch.-Ed.), 80, **262** à **269**, 630.
Guillaume (J.), 36, 167, 249, 590, 757, 920.
Guillemard (A.), 511.
Guillemin (A.), 292.
Guilleminot (H.), 169, 206, 252, 291, 512, 590, **652** à **658**.
Guillemot (L.), 169.
Guillerd (A.), 511.
Guillet (A.), 250, 630.
Guillet (E.), 122, 167.
Guilliermond (A.), 206, 292, 334.
Guilloz (Th.), 80, 207, 291, 293, 721.
Guisez (Dr), 632.
Guitel (F.), 757.
Gumlich (E.), 679.
Guntz (A.), 970.
Gusmano (G.), 211, 339.
Gustavson (G.), 292.
Guthrie (J.-M.), 467.
Guttenberg (H. von), 556.
Guttmann (O.), 760.
Guye (C.-E.), 510, 630.
Guye (Ph.-A.), 37, 792, 961.
Guyénot (E.), 79, 510.
Guyot (A.), 294, 461, 462.
Guyot (Yves), 35.
Guyou (E.), 373, 961.
Gy (A.), 38, 963.

H

Haag (J.), 719, 757, 920, 961.
Haardt-Stremayr (E. von), 211.
Haberlandt (G.), 84, 924.
Hackspill (L.), 373.
Hadamard (J.), 39, 330, 410, 834.
Haeder (Hermann), 74.
Haiser (F.), 84.
Haitinger (L.), 468.
Hake (H.-W.), 880.
Halbron (P.), 552.
Hale (G.-A.), 550.
Hale (G.-E.), 630.
Hall (A.), 78, 82.
Hall (A.-D.), 465.
Haller (A.), 125, 204, 335, 412, 920, 1010.
Hallez (P.), 462, 510, 719, 757.
Halliburton (W.-D.), 294.
Hallion (L.), 632.
Hallock (W.), 635.
Hallopeau (H.), 38, 551, 674, 962.
Hamburger (H.-J.), 256, 380.
Hamilton (D.-J.), 758.
Hamonet, 208.
Hamy (E.-T.), 962.
Hamy (M.), 204, 291, 590, 790, 915.
Hancu (V.), 415.
Hann (J.), 635.
Hanriot (A.), 928.
Hanriot (H.), 921.
Hanriot (M.), 125, 251.
Hans, 415.
Hanzlick (S.), 379.
Harden (A.), 514, 676.
Harding (V.-J.), 1011.
Hariot (P.), 920.
Harrevelt (Ph.), 212.
Harter (A.), 80, 207, 415.
Hartley (H.), 209, 255, 295, 376.
Hartley (W.-N.), 254, 466, 514.
Hartmann, 337.
Hasenöhrl (F.), 211, 468.
Haton de la Goupillière, 1007.
Hatschek (E.), 634.
Hatt (P.), 961.
Hattwich (J.), 724.
Haug (Emile), 289.
Hauptmann (L.), 556.
Hauser (H.), 371.
Haworth (H.-F.), 759.
Haworth (W.-N.), 295, 1011.
Hay (J.-G.), 923, 965.
Hayem (G.), 374, 415.
Hébert (P.), 552.
Heckel (Ed.), 877, 959, 961.
Heckel (F.), 924.
Heilbron (J.-M.), 210.
Heinricher (E.), 468.
Helbronner (P.), 839.
Helmert (R.), 82, 678.
Hemsalech (G.-A.), 36, 208, 334, 373, 461, 510, 591, 718.
Henderson (G.-G.), 210, 467.
Henneguy (G.), 919, 920.
Henri (V.), 462, 630, 675.
Henriet (H.), 461, 510, **701** à **713**.
Henry (A.), 39.
Henry (Ch.), 78, 626.
Henry (Th.-A.), 419.
Henry (L.), 36, 757, 839.
Hering (R.), 419.
Hérissey (H.), 80, 204, 208, 334, 591, 633, 719, 919.
Heritsch (F.), 556.
Herman (J.), 250, 293, 333, 590.
Herman (Kurt), 378.
Hermann (K.), 923.
Herrero Ducloux (E.), 245.
Herscher (M.), 79, 674.
Hersey (M.-L.), 634.
Hertwig (O.), 722.
Hervieux (Ch.), 415.
Herzig (J.), 211, 679.
Hess (V.-F.), 679.
Hewitt (J.-T.), 172, 677.
Heydweiller (Adolphe), 515.
Higgin (A.-J.), 594.
Hildebrandsson (Hildebrand), 915.
Hilditch (T.-H.), 81, 125, 295, 922, 923.
Hill (A.-E.), 466, 678, 965.
Hill (J.-R.), 81, 210.
Hill (L.), 253.
Hillebrand (K.), 211.
Himmelbaur (W.), 211.
Hinrichs (G.), 461, 920.
Hirtz (Dr), 335.
Hochheim (E.), 723.
Hochstetter (F.), 211.
Hoek (P.-C.-P.), 680.
Hofmeier (F.), 924.
Höhnel (F. von), 635.
Holetschek (J.), 468, 924.
Holl (M.), 127, 724.
Hollard (A.), 119, 167, 508, 755, 835, 916.
Hollemann (A.-F.), 792, 968.
Holmes (P.), 172.
Holmgren (E.), 78.
Homer (Mlle A.), 595.
Hooton (W.-M.), 210.
Hopfgartner (K.), 635.
Horsfall (R.-S.), 81.
Horton (E.), 677.
Houllevigue (L.), 918.
Houssay (F.), 919.
Hubert (H.), 168.
Hubner (J.), 125, 210.
Huchard (H.), 168, 631, 756, 840.
Hudson (O.-F.), 210, 760.
Hugounenq (L.), 551, 718.

Digitized by Google

Hulton (H.-F.-E.), 419.
Humbert (G.), 414.
Hummelberger (F.), 468, 967.
Hurmuzescu (D.), 919.
Hurst (C.-C.), 209.
Hutchinson (G.-A.), 376.
Hutinel, 335, 878.

I

Imhoff, 335.
Ingegnieros (J.), 77.
Ingle (H.), 377.
Inglis (J.-K.-H.), 677, 922.
Irvine (J.-C.), 125, 514, 922.
Isaac (Mlle F.), 210, 514.
Iscovesco (H.), 39, 79, 206, 207, 252, 335, 375, 633, 674, 720.
Israëls de Jong (Dr S.), 333.
Izar (G.), 962.

J

Jackson (C.-G.), 209, 965.
Jacob (Cl), 36, 461, 630.
Jacobsen (J.), 550.
Jacobsohn (L.), 595.
Jacobson (Gr.), 207.
Jacquet (L.), 631.
Jadin (F.), 292.
Jaeger (F.-M.), 210, 212, 256, 380.
Jamieson (J.-S.), 595.
Jammes (L.), 206, 290, 511, 674.
Janet (Ch.), 919.
Janet (Paul), **897** à **905**.
Janssen (J.), 36.
Jantsch (G.), 122, 250.
Jaquerod (A.), **443** à **449**.
Jatar (S.-B.), 760.
Jaumann (G.), 339.
Javal (A.), 38, 169, 590, 592, 632.
Javelle, 877.
Javillier (M.), 205.
Jeanbrau, 37.
Jeandelize (P.), 207.
Jeannel (R.), 292, 511.
Jeanselme (E.), 206.
Jégou (P.), 550, 840.
Jentzsch (F.-N.), 723, 966.
Jerinici (D.), 721.
Jerusalem (G.), 721.
Jervis-Smith (F.-J.), 418, 840.
Job (A.), 204.
Joffroy (A.), 962.
Joleaud (E.), 511.
Joleaud (L.), 795.
Jolibois (P.), 462, 920.
Jolley, 416.
Jolly (J.), 80.
Jolly (W.-A.), 380.
Jonckheere (R.), 249, 373, 631.
Jones (B.-M.), 376, 923.
Jones (H.-O.), 81, 210, 513, 965.
Jones (J.-E.-S.), 377.
Jones (L.-M.), 554.
Jonescu-Mihaiesti (C.), 633, 721.
Jonnesco (Th.), 840.
Jonnesco (V.), 552, 721.
Joshua (W.-P.), 467.
Josué (O.), 80.
Jouaust (R.), 630.
Joubin (L.), 590, 919, 962.
Jouguet (E.), 414, 461, 956.
Jourde (A.), 251, 512, 592, 879.
Jourevitch (V.), 552, 592.
Jousset (A.), 462, 512.
Judet (H.), 167, 291.
Julius (W.-H.), 380.
Julius (W.-H.), 128, 968.
Jumelle (Henri), 120, 509, 878.
Jung (H.-W.-E.), 718.
Jungano, 963.
Jungfleisch (E.), 36, 79, 920.

K

Kahan (Z.), 125.
Kailan (A.), 724, 966.
Kalaboukoff (Mlle L.), 38, 878.
Kapteyn (J.-C.), 339.
Kapteyn (W.), 127, 339.
Karl (A.), 510.
Kaufmann (M.), 793.
Kaye (F.), 126.
Kaye (G.-W.-C.), 964.
Kayser (E.), 122, 335.
Kayser (H.), 715.
Keane (Ch.-A.), 760.
Keesom (W.-H.), 340.
Keller (O.), 920.
Kelsch, 203, 720.
Kelvin (lord), 36.
Kempe (A.-B.), 209.
Kenyon (J.), 81.
Kerforne (F.), 550, 962.
Kermorgant, 79, 374, 591.
Kerner von Marilaun (F.), 168.
Kersten (C.), 163.
Kervily (M. de), 552, 591.
Kiebitz (F.), 679.
Kilchling (K.), 966.
King (P.-E.), 126.
Kipping (F.-S.), 172, 209, 255, 419, 1011.
Kirchmayr (H.), 556.
Kirpal (A.), 84, 468.
Kluyver (J.-C.), 255.
Knecht (Edm.), 419.
Knight (Mlle L.-E.), 922.
Knöpfer (G.), 967.
Koch (R.), 720, 879, 880.
Kœhler (A.), 293.
Kœnigsberger (L.), 82.
Kœpsel (A.), 723.
Kœrner (G.), 724.
Kohlbrugge (J.-H.-F.), 636, 968.
Kohlrausch (F.), 127, 332.
Kohn (G.), 210, 556.
Kohn (R.), 679.
Kohn-Abrest (E.), 1010.
Kolbé, 39.
Kollmann (M.), 590, 631, **746** à **752**.
Kolossoff (G.), 250.
Königsberger (J.), 966.
Koorders (S.-H.), 340, 380, 680, 968.
Korn (A.), 291.
Korner (G.), 555.
Kötter (Fr.), 796.
Kowalski (J. de), 36.
Krassousky (K.), 168.
Kraus (R.), 673.
Krause (C.), 924.
Kreidl (A.), 211, 468.
Kremann (R.), 924.
Kreussler (H.), 596.
Kreutz (S.), 679.
Krygowski (Z.), 414.
Ktenas (C.-A.), 719.
Kubart (B.), 924.
Kudjelka (H.), 338.
Kunstler (J.), 39, 124, 167, 293, 335, 375, 463, 632.
Kuss (G.), 719, 919.

L

Labat, 123.
La Baume-Pluvinel (A. de), 877.
Labbé (A.), 878.
Labbé (H.), 38, 79, 207, 251, 415, 589, 921.
Labbé (Léon), 37, 591.
Labbé (Marcel), 35, 519, 721, 794, 879.
Labbé (R.), 1007.
Laborde (A.), 1008.
Laborde (J.), 591, 919, 962.
Laby (T.-H.), 722.
Lacassagne, 123.
Lacroix (A.), 168, 335, 510, 511, 591, 631, 718, 724, 920, 1004.
Ladenburg (Erich), 379, 966.
Ladenburg (R.), 966, 1012.
Laederich (L.), 720.
Lafargue (P.), 39, 674.
Lafforgue, 674, 879, 963.
Lafite-Dupont, 39, 375.
Lafon (Ch.), 39.
Lagrange, 38, 292.
Laguesse (E.), 674, **986** à **1000**.
Laignel-Lavastine, 206.
Lainé (E.), 122.
Laisant (C.-A.), 200.
Lalesco (T.), 1006.
Lallemand (Ch.), 122.
Laloue (G.), 167, 205.
Lamarcodie (G. de), **283** à **286**, 631.
Lamarre (A.), 592.
Lamb (H.), 254.
Lambert (Armand), 244.
Lambert (M.), 875.
Lambling (E.), 875.
Lamothe (F.), 674.
Lamotte (Marcel), 457.
Lampa (A.), 724.
Lampe (E.), 596.
Lamplough (F.-E.-E.), 210.
Lamy, 336.
Lancereaux (E.), 205, 251, 511.
Landau (E.), 723, 796, 967.
Lande (P.), 293, 592.
Landerer (J.-J.), 558.
Landolt (H.), **185** à **190**, 595.
Landouzy (L.), 551, 591, 720, 962.
Lane (M.), 43.
Lang (W.-R.), 514, 595.
Lange (S.-J. de), 128.
Langelaan (J.-W.), 128.
Langevin (P.), 250, 461.
Langlois (Dr J.-P.), **905** à **914**.
Lannelongue, 38, 548, 877.
Lannois (M.), 632.
Lapicque (Mme L.), 336.
Lapicque (L.), 39, 79, 80, 123, 251, 336, 374, 462, 552, 592, 718, 720.
Lapie (G.), 414.
Lapie (Paul), 549, 717, 876.
Lapparent (A. de), 461.
Lapparent (J. de), 291, 511.
Lapworth (A.), 81, 126, 467, 595.
Larguier des Bancels (J.), 204, 719.
La Riboisière (J. de), 550.
Laroche (G.), 415, 879.
Lary de Latour (E. de), 373.
Lassablière (P.), 169, 632, 719.
Latschenko, 630.
Lauby (A.), 631.
Laudet (Georges), 590.
Laudet (Gustave), 590.
Laue (M.), 1012.
Laufer (R.), 963.
Laugier (H.), 592.
Launay (L. de), **449** à **455**, 509.
Launoy (L.), 124, 719, 880, 962.
Laurent (Dr), 962.
Laurent (H.), 287.
Laurent (L.), 458.
Lauret (A.), 590.
Lauricella (G.), 724.
Lautier (R.), 124.
Lavallée (A.), 79.
Lavaux (J.), 123, 205.
Laveran (A.), **134** à **137**, 374, 631, 758, 839.
Lavergne (Gérard), 288, 369, 753.
Laville (Ch.), 369.
Law (H.-D.), 923.
Lazarus (Mlle E.), 39.
Leathem (G.), 1001.
Leather (J.-P.), 554.
Léauté (A.), 550.
Lebailly (C.), 204.
Lebeau (P.), 204, 462.
Lebedew (P.), 550, 839.
Lebesgue (Henri), 368.
Le Besnerais, 36.
Leblanc (Maurice), 416.
Leblond (Marius-Ary), 793.
Lécaillon (A.), 38, 374, 552.
Le Chatelier (H.), 122, 373, 877.
Lecher (E.), 126, 211, 468.

Digitized by Google

Le Clerc (R.), 79.
Lecointe, 204.
Lecornu (L.), 586.
Le Dantec (A.), 592.
Le Dantec (F.), 717, 878.
Le Dentu, 510, 551.
Lederer (E.-L.), 468.
Ledingham (J.-C.-G.), 553.
Ledouble, 37.
Leduc (A.), 249, 962.
Lee (J.-W.), 920.
Lees (Ch.-H.), 254, 594.
Lefèvre (J.), 861.
Legault (A.), 757.
Legendre (P.), 462.
Legendre (R.), 169, 592.
Léger (E.), 253, 334, 417, 920, 964.
Léger (M.), 375, 921, 962.
Legge (A. D.), 127.
Lehmann (H.), 84.
Lehmann (O.), 596.
Leithauser (G.), 514, 723, 760.
Lelieuvre (M.), 200, 287, 872, 915.
Lemaire (H.), 39, 674.
Lemaistre, 293.
Lemoine (Dr), 720.
Lemoine (G.-H.), 374, 591, 634,
Lemoine (P.), 168, 413, 510, 628.
Lemoult (P.), **137** à **151**, 588.
Le Noir, 963.
Lenz, 468.
Léonard (G.-G.), 406.
Léon-Kindberg (M.), 922, 1007.
Léopold-Lévi, 251, 512.
Lépine (R.), 124, 719, 963, 1006, 1007.
Le Pla (Mlle M.), 377.
Lerch (F. von), 84.
Lereboullet (P.), 336, 551.
Leriche (M.), 374.
Leriche (R.), 38, 462.
Lermoyez (Dr M.), 415.
Le Rossignol (R.), 295.
Leroux (Ch.), 335, 1007.
Leroux (H.), 170, 920.
Le Roy (G.-A.), 36.
Lesage (A.), 963.
Lesage (J.), 551, 879, 921, 963.
Lesage (P.), 36.
Lesbre (F.-X.), 37, 122, 123, 124.
Lesieur (Ch.), 123, 511, 632.
Lesieurs, 251.
Lesné (Edm.), 292, 336, 512, 592.
Lesne (P.), 250.
Le Sourd (L.), 512, 922.
Lespieau (R.), 204, 462.
Lester (J.-H.), 419.
Le Sueur (H.-R.), 376.
Letalle (A.), 1006.
Letellier, 205.
Létienne (A.), 166, **190** à **199**, 413, 629, 756.
Letulle (M.), 206, 251, 1007.
Leulier (A.), 720.
Leuret (E.), 292, 375.
Levaditi (C.), 38, 124, 169, 206, 251, 252, 415, 463, 510, 512, 592, 632, 673.
Levallois, 167.
Le Vavasseur, 334.
Leven (G.), 720, 963,
Levi (E.-E.), 167, 420, 879.
Levi (L.), 168.
Levi-Civita (T.), 127.
Levi-Malvano (M.), 724.
Lévy (L.-A.), 677.
Lévy (Maurice), 74, **768** à **772**, 961.
Lévy-Franckel (A.), 592.
Lewis (E.-A.), 551.
Lewis (S.-J.), 677.
Lewis (W.-C.-M.), 255.
Lewkowitsch (J.), 126, 332, 554.
Leyson (L.-T.), 923.
Lhermitte (J.), 124.
Lichtenberger (Henri), 121.
Liebenthal (Emile), 835.
Lieber (D.), 468.
Liebreich (R.), 291.
Lignières, 205.
Limb (C.), 461, 630.
Linder (E.), 554.
Linossier (G.), 374, 838.
Lippmann (A.), 416.
Lippmann (G.), 250.
Lisbonne (M.), 1007.
Littlebury (W.-O.), 40, 966.
Livache (Ach.), 414.
Liverseege (J.-F.), 722.
Livon (Ch.), 252, 675.
Lockhead (J.), 553.
Lockyer (Sir N.), 418.
Lockyer (W.-J.-S.), 375.
Locquin (R.), 122, 123.
Lodge (Sir O.), 760.
Loeb (J.), 168.
Loeffler (K.), 962.
Lœper (M.), 169, 206, 293, 336, 463, 512, 551.
Lohr (E.), 84.
Loiseau (G.), 463, 674.
Lombroso (U.), 724.
Lorentz (H.-A.), 457.
Loria (S.), 1012.
Love (A.-E.-H.), 721.
Low (H.-D.), 126.
Lowe (F.), 380.
Lowell (P.), 291, 839.
Lowry (T.-M.), 40, 171.
Lubimenko (W.), 37, 757.
Lucas (Mlle), 1010.
Lucas-Championnière (J.), 205, 374, 591.
Lucerna (R.), 635.
Lucien (M.), 207, 293, 336, 415, 512, 721.
Luff (B.-D.-W.), 1011.
Lugol (P.), **219** à **222**.
Luizet (D.), 587.
Lumbroso (U.), 339.
Lumière (A.) et ses fils, 201.
Lunet de Lajonquière (E.), 34.
Lunge (G.), 370.
Lussana (F.), 552, 632.
Lutz (L.), 77, 548.
Lux (P.), 924.
Luzzatto (R.), 724.

M

Mac Clelland (J.-A.), 634.
Mac Donald (D.-P.), 514.
Mac Ewen (B.), 514.
Machat (J.), 166, **527** à **537**, **561** à **572**, 793, 875.
Mac Kenzie (Al.), 466.
Mackenzie (J.-E.), 923.
Mackenzie (T.-D.), 125.
Mackey (J.-F.), 595.
Mackinnon (Mlle D.-L.), 757.
Mac Mahon (P.-A.), 254.
Mac Millan (A.), 554.
Mac Nicoll (D.), 922.
Mac Nicoll (E.), 514.
Maddalena (L.), 724.
Madsen (J.-P.-V.), 418.
Maggi (G.-A.), 555.
Maggiacomo (F.), 555.
Magrangeas (A.), 207, 251.
Magri (L.), 555.
Magson (E.-H.), 40.
Maheu (J.), 511.
Maige (A.), 631.
Maignon (F.), 37, 122, 123, 124, 375, 415.
Maillhe (A.), 250, **322** à **329**, 550, 591, 630, 631.
Maillard (L.-C.), 38, 80, 165, 512, 593, 839, 878.
Maillet (Edm.), 78, 631, 840, 961.
Mairet, 293.
Majcen (G.), 556.
Major (Ch.-J.-F.), 758.
Malaquin (A.), 878.
Malassez (L.), 631.
Malclès (L.), 37.
Malfitano (G.), 36, 39, 205, 464, **614** à **625**, 920.
Mallet (J.-W.), 171.
Mallock (A.), 172, 634, 676, 759.
Malloizel (L.), 721.
Malonesco (D.), 633.
Maltézos (C.), 919, 920.
Malvezin (P.), 757.
Mameli (Mlle E.), 724.
Manceau (E.), 122.
Manceaux (L.), 919.
Mancini (Ernesto), 127, 211, 339, 420, 556, 724.
Mandine (Cyprien), 959.
Mangin (L.), 335, **642** à **651**, 719.
Manicatide, 1008.
Manouélian (Y.), 249.
Manson (Sir Patrick), 917.
Mantoux (Ch.), 720, 795.
Manville (O.), 547.
Maquenne (L.), 125, 205, 251, 553.
Marage, 291, 551, 877, 961.
Marbé (S.), 124, 552, 592.
Marcano (G.), 415.
Marchal (P.), 632, 721, 919.
Marchand (H.), **982** à **986**.
Marchetti (G.), 127, 555, 724.
Marchi (L. de), 211.
Marchis (L.), 74.
Marchoux (E.), 633, 720.
Marcorelles (A.-P.), 462.
Marcotte (G.), 294.
Marie (A.), 38, 293.
Marie (C.), 250, 1003.
Marinesco (G.), 124, 293, 415, 512, 633, 721, 1008.
Marino (L.), 724.
Markau (K.), 966.
Marie (E.-R.), 466.
Marmorek, 1007.
Marples (M.-E.), 1011.
Marquet (Eugène), 835.
Marquis (R.), 464, 628.
Marrec, 511.
Marsden (Mlle E.-G.), 1011.
Marsden (H.), 172.
Marshall (H.), 923.
Martel (E.-A.), 335, 508, 590, 878, 920.
Martel (P.), 962.
Martelli (G.), 420.
Martens, 337.
Martin (A.), 206, 674.
Martin (Cl.), 292.
Martin (Et.), 963.
Martin (K.), 636.
Martin (L.), 374, 631, 1005.
Martinet (Alfred), 372, **537** à **545**, 717, 838, 875.
Marty (P.), 757, 795.
Marx (E.), 374, 966.
Masbrenier (J.), 413.
Mascarelli (L.), 211.
Mascart (E.), 757.
Mascart (Jean), 32, 244, 457.
Massart (Jean), 76.
Massol (G.), 79, 920.
Massol (L.), 124, 206, 292, 510.
Mather (T.), 171, 676.
Mathews (G.-B.), 118.
Mathias (E.), 373, 508.
Mathis (C.), 415.
Matignon (C.), 204.
Matruchot (L.), 757.
Mattson (Ruben), 330.
Matuschek (J.), 635.
Maublanc, 757.
Mauguin (Ch.), 919.
Maupeou d'Ableiges (Comte de), 714.
Maurain (Ch.), 119.
Maurel (E.), 206, 251, 415, 589, 632, 674.
Maurer (Ed.), 373.
Maurice (H.), 374.
Mauricheau-Beaupré, 719.
Maury (E.), 414, 591.
Mawas (J.), 206, 512, 552, 1007.
Mayer (A.), 38, 169, 206, 251, 292, 336, 373, 375, 674, 719, 720.
Mayor (B.), 718.
Mazzuoli (A.), 200.
Mech, 591.
Meige (Dr Henry), 290.
Meignien, 336.
Meillère (G.), 251.

Digitized by Google

Meldola (R.), 923, 965.
Meldrum (A.-N.), 210, 466, 467, 922.
Mellanby (J.), 880.
Meltzer (S.-J.), 758.
Ménard (M.), 510, 630, 877.
Mendel (J.), 551.
Menegaux (A.), 877, 878, 1006.
Menetrier (Dr), 251.
Mengel (O.), 510.
Ménière (P.), 334.
Menozzi (A.), 338.
Mercadier (E.), 720.
Mercalli (G.), 719.
Mercier (L.), 79, 414, 962.
Merle (Antoine), 166.
Merle (P.), 592.
Mertens (F.), 84, 337, 338, 679.
Méry (Dr), 1007.
Mesliu (G.), 550, 590.
Mesnager, 167.
Mesnil (F.), 374, 463, 632, 919, 1008.
Messel (R.), 419.
Mestrezat (W.), 38, 632.
Metcalfe (E.-P.), 513.
Metchnikoff (E.), 840, 1005.
Metz (H.-A.), 377.
Meunier (J.), 250, 334, 373, 375, 417.
Meunier (L.), 461.
Meunier (R.), 552.
Meunier (S.), 720.
Meyer (A.), 250.
Meyer (Edgar), 295.
Meyer (Paul), **27** à **34**.
Meyer (P.-M.), 722.
Meyer (S.), 924.
Mezincesco (D.), 512.
Mezincescu (D.), 293.
Michel (Aug.), 414, 962.
Michel (L.), 36, 205, 920, 1006.
Michel-Levy (A.), 249, 251, **345** à **354**.
Micklethwait (Mlle F.-M.-G.), 255.
Mieli (A.), 420, 555.
Miers (H.-A.), 514.
Mierzejewsky (J. de), 292.
Mignot (Dr), 205.
Miller (N.-H.-J.), 465.
Millochau (G.), 167, 204, 291, 1009.
Millosevich (E.), 127, 420.
Millosevich (F.), 211.
Mills (W.-H.), 677.
Milrath (H.), 338, 924.
Minchin (G.-A.), 758.
Minea (J.), 124, 293, 721.
Minet (Ad.), 168, 250.
Minet (J.), 123, 292.
Minguin (J.), 204, 293, 962.
Minkiewicz (R.), 961, 1006.
Mirande (M.), 36.
Mironesco (Th.), 293, 512.
Mitchell (A.-D.), 376.
Moir (J.), 126.
Moliuier, 375.
Molisch (H.), 211.
Molliard (M.), 878.
Monaco (Prince de), 551.
Monges (J.), 1008.
Monod (H.), 251, 878.
Monod (O.), 206.
Montessus (R.), 753.
Montessus de Ballore, 550, 877.
Moodie (Mlle A.-M.), 125.
Moody (G.-T.), 923.
Moore (Ch.-W.), 172.
Moore (E.-P.), 796.
Moore (J.-E.-S.), 553, 594.
Moore (R.-B.), 760, 840.
Moreau, 632, 921.
Morel (A.), 206, 251, 551, 718.
Morel (L.), 921.
Morelli (E.), 420.
Morera (G.), 555.
Moreschi (A.), 338.
Moreux (Th.), 32, 41, 174, 297, 342, 421, 422, 469, 638, 682, 725, 763, 882.
Morgan (G.-T.), 255, 554.
Morgenstern (O.), 556.
Morice (G.), 959.
Morin (P.), 728.
Morize, 122.
Morrow (J.), 594.
Morse (W.-F.), 419.
Moss (H.), 254.
Mossler (G.), 556.
Mosso (A.), 412.
Mott (F.-W.), 294.
Moulin (M.), 464.
Moureaux (Th.), 78.
Moureu (Ch.), 37, 122, 249, 878.
Mouriquand (G.), 1008.
Moussu (G.), 37, 204, 630, 795.
Mouton (H.), 630, 633, 718.
Mudge (G.-P.), 759.
Mulder (W.), 968.
Muller (J.-A.), 373.
Muller (N.-L.), 635.
Muller (P.-Th.), 33, 294.
Muller-Breslau (H.), 82.
Mulon (P.), 206, 552.
Munk (H.), 83.
Munk (I.), 555.
Muntz (A.), 122, 961.
Muratet (L.), 207, 674.
Mutermilch (S.), 252, 463, 592, 632, 880.
Myers (C.-S.), 375.
Myller (A.), 630.

N

Nabl (J.), 966.
Nageotte (J.), 922, 1.007.
Nathan (Sir F. L.), 337.
Nattan-Larrier (L.), 79, 124.
Nègre (F.), 373.
Negri (A.), 555.
Négris (P.), 719, 962.
Nernst (W.), **180** à **181**, 467.
Netter (A.), 631, 840.
Neuberg (C.), 83.
Neumann (A.), 211, 468.
Neumann (B.), 119, 754.
Neville (E. N.), 758.
Newcomb (S.), **686** à **691**.
Nicholson (J.-W.), 594, 840.
Nicloux (M.), 38, 39, 78, 79, 207, 251, 292, 293, 336, 375.
Nicolardot (M.), 81.
Nicolardot (P.), 37, 336, 877, 920, 963.
Nicolas, 962.
Nicolas (Dr), 292.
Nicolas (G), 204, 631.
Nicolas (L.), 838.
Nicolétis, 552.
Nicolle (Ch.), 250, 335, 373, 592, 674, 919.
Nigay, 462.
Noc (F.), 511.
Nodon (A.), 37, 877.
Noé (G.), 127, 420.
Nœrlund (E.), 839.
Nogier (T.), 720.
Nonnotte (M.), 206, 207, 293, 374, 592.
Nordmann (Ch.), 204, **223** à **225**, 249, 250, 258, 334, 590, 630.
Nordmeyer (P.), 378.
Nottin (P.), 961.
Nouri (Osman), 251, 335, 512, 880.
Novello (F.), 415, 632, 674.
Noyons (A.-K.-M.), 636, 968.

O

Obermayer (A. von), 338.
Obregia (Al.), 416, 721.
Ocagne (M. d'), 74.
Oddie (A.-C.), 337.
Oddo (Dr), 511.
O'Dell (G.-F.), 721.
Oechsner de Coninck (W.), 880, 1007.
Oehlert, 251.
Olivier (Louis), 213.
Olmer (D.), 1008.
Onnes (H.-K.), 128, 212, 291, 340, 380, 516, 636, 680, 757.
Oppel, 34.
Orlando (L.), 555, 724.
Ornstein (L.-S.), 516, 680.
Orton (K.-J.-P.), 210, 295, 514, 554.
Oulmont (P.), 34.

P

Pachon (V.), 168, 1008.
Pacoret (E.), 586.
Padoa (M.), 338, 339, 724.
Pagniez (Ph.), 168, 463, 512, 592, 921, 922.
Paine (H.-H.), 795.
Palazzo (F.-C.), 555.
Panisset (L.), 632, 674, 720.
Papelier (G.), 118.
Paquier (V.), 511.
Parès (M.), 79.
Parhon (C.), 124, 336, 415, 512.
Paris (L.), 204, 961.
Pariselle, 462.
Parisot (J.), 80, 207, 293, 415, 512, 721.
Parravano (N.), 724.
Parsons (Ch.-A.), 375.
Parsons (H. de B.), 419.
Parvu, 879, 963, 1007.
Pascal (E.), 555.
Pascal (P.), 168, 204, 373, 630, 718, 919.
Pascalis, 125.
Patein (G.), 1008.
Paterno (E.), 420, 555
Patterson (T.-S.), 40, 514, 554, 965.
Paukul (E.), 632.
Paulesco, 205.
Pearce (Dr Francis), 165.
Pearson (Mlle C.), 295.
Pécheux (H.), 839.
Pector (D.), 1004.
Pedler (Sir A.), 419.
Peju (G.), 38, 879, 921, 922.
Pélabon (H.), 461, 591.
Pelet-Jolivet (L.), 37, 878, 920.
Pellat (H.), 961.
Pellet (A.), 719.
Pellin (F.), 919.
Pelly (R.-G.), 295.
Pelourde (F.), 920.
Peragallo (H.), 124.
Perard (J.), 414.
Pérez (Ch.), 39, 293, 375, 463.
Périssé (Lucien), 287.
Perkin (A.-G.), 81, 595.
Perkin (F.-M.), 125, 126, 595, 677, 923, 965.
Perkin (W.-H. jun.), 81, 255, 295, 595, 922, 1011.
Perkin (W.-H.), 419.
Perman (E.-P.), 466, 965.
Pernet, 630.
Peron (A.), 589, 631.
Perot (A.), 720, 961.
Perotti (R.), 556.
Perrier (G.), 334.
Perrier (R.), 511, 590.
Perrier de La Bathie (H.), 878.
Perrin (G.), 757.
Perrin (J.), 461, 630, 795, 839.
Perrin (M.), 207, 336, 721.
Perrot (Em.), 120, 248, 372.
Percinquière (L.), 371, 458, 548, 588, 917.
Pesta (O.), 338, 724, 967.
Pestalozza (U.), 724.
Petit, 456.
Petit (A.), 125, 511.
Petit (G.), 169, 201, 206, 251
Petit (L.), 123, 463.
Petit (P.), 958.
Petresco (G.-Z.), 721.
Petri (L.), 127.
Petrovitch (M.), 204.
Pettit (A.), 80, 207, 463.
Peyrou, 169.
Peytel, 251.
Pfannhauser (W.), 1003.
Philip (J.-Ch.), 514.
Philippi (E.), 924.

Digitized by Google

Phillips (H.-A.), 209.
Phillipps (H.-E.-W.), 1012.
Piaz (G. Dal), 339.
Picard (Em.), 550, **602** à **609**, 630, 839, 872, 961.
Picard (F.), 167, 963.
Picart (L.), 919.
Pick (Dr), 1007.
Pick (G.), 211.
Pickard (R.-H.), 40, 81, 514, 966, 1011.
Pickering (S.), 40.
Pickles (S.-S.), 466.
Picone (M.), 420.
Piédallu (A.), 632, 674.
Piéron (H.), 169, 206, 511, 512, 552, 592, 719.
Pietschmann (V.), 379, 635.
Pietire (M.), 920.
Pignet (P.), 461, 462.
Pinard (A.), 123, 335.
Pineless (F.), 379.
Pinoy (E.), 374.
Pintza (A.), 961.
Pionchon (J.), 373.
Piot, 123.
Pirquet (C. von), 255.
Pi Suner (A.), 336, 552.
Piutti (A.), 555.
Pizon (A.), 877, 919.
Planck (M.), 722.
Planer (V.), 170.
Plimmer (R.-H.-A.), 922, 923.
Poch (R.), 255, 338.
Pohl (R.), 378, 515, 923.
Poincaré (Henri), **386** à **402**, **521** à **526**, 790, **930** à **939**.
Poincaré (Lucien), 627, 753.
Poisson (H.), 877, 919.
Polak (Mlle Cl.), 212, 256.
Polak (J.), 211.
Policard (A.), 38, 206, 1008.
Pollacci (G.), 724.
Pomès, 630.
Poncet (A.), 38, 462.
Pontonié (H.), 467, 514
Poole (R.-H.), 255.
Pope (F.-G.), 209, 1011.
Pope (W.-J.), 81, 467, 595, 722, 922.
Popoff (N.), 80.
Popovici (C.), 249, 718.
Popovici-Baznosanu (A.), 552.
Porcher (Ch.), 718.
Porter (A.-W.), 513, 965.
Portier (P.), 252.
Post (J.), 119, 754.
Postma (O.), 128.
Potter (M.-C.), 594.
Pouchet, 717.
Power (F.-B.), 81, 514, 923.
Pozdena (F.), 338.
Pozerski (E.), 207, 293, 374, 511, 592, 633.
Pozzi-Escot (Em.), 37, 462, 719, 840
Pratt (L.), 125.
Prenant (A.), 34, 206, 292, 716, 1005.
Preti (L.), 632, 721.
Pribram (K.), 556.
Price (T.-S.), 40, 554, 677, 922.
Prideaux (E.-B.-R.), 965.
Prigent (G.), 38, 206, 462.
Pring (J.-N.), 1012.
Prinsen-Geerligs (A.), 636, 680.
Pritchard (P.-M.), 760.
Proca (G.), 416.
Prodinger (Mlle M.), 924.
Pron (L.), 333.
Prud'homme (Maurice), 548.
Przibram (K.), 338.
Puglisi (M.), 556.
Puiseux (P.), 204, 291, 631.
Pujol (R.), 753.
Purvis (J.-E.), 595.
Pyman (F.-L.), 595, 965, 1011.

Q

Quénisset, 1006.
Quénu, 962,
Quibell (O.), 126.
Quincke (G.), 966.
Quinet (P.), 718.

R

Rabaud (Et.), 252.
Rabourdin (L.), 919.
Race (J.), 635.
Radlberger (L.), 924.
Raffy (L.), 249, 291, 334.
Rageot (Gaston), 372, 5 9.
Railliet (A.), 39,
Rainer (J.), 84, 468, 721.
Rajat (H.), 38, 879, 921.
Ramond (F.), 34.
Ramond (L.), 632.
Ramsay (Sir W.), 250, 419, 544, 840, 924.
Rankin (J.-G.), 554.
Rankine (A.-O.), 593, 965.
Ranzi (E.), 967.
Rappin, 374.
Rasch (E.), 515.
Rathery (F.), 124, 169, 674, 720, 963
Ravagli (M.), 359.
Ravaut (P.), 963.
Raveau (C.), 628, 754.
Raviart (G.), 251.
Ray (P.-C.), 377, 1012.
Raybaud (A.), 1008.
Raybaud (L.), 593.
Rayleigh (Lord), 209, 759, 880.
Raymond (F.), 79, 206.
Razous (Paul), 873.
Real (J.), 467.
Reau (L. du), 373.
Rebière (G.), 38, 79, 124, 632.
Reclus (Elisée), 1003.
Reclus (Onésime), 1005.
Reclus (Paul), 591.
Recoura (A.), 550.
Regaud (Cl.), 38, 79, 169, 206, 252, 336, 463, 512, 552, 592, 720, 921, 963, 1007.
Regelsperger (G.), 34, 46, 133, 202, 218, 302, 458, 629, 716, 958, 1004.
Regen (J.), 967.
Regener (Erich), 295, 296, 596.
Reichenheim (O.), 83, 378.
Reid (Mme), 516.
Reid (Mr), 516.
Remfry (F.-G. P.), 1011.
Remlinger (P.), 169, 207, 251, 335, 374, 463, 512, 880, 921, 1005, 1007.
Rémoundos (G.), 249, 719, 757.
Remy (L.), 919, 961.
Renard (Ct Paul), **426** à **442**, 461, **479** à **494**.
Renaudot (G.), 506, 598.
Renaut (J.), 512.
Rengade (E.), 122, 208.
Renier (A.), 591.
Rennie (E.-H.), 594.
Renon (Dr), 415.
Rénon (L.), 552, 1007.
Renouf (Mlle N.), 295.
Repetto (R.), 415.
Répin (J.), 757, 878.
Répiton (F.), 463.
Réthi (L.), 468.
Retterer (Ed.), 38, 79, 123, 124, 169, 292, 335, 336, 415, 552, 591, 592, 879, 921.
Reverdin (Aug.), 591.
Révil (J.), **825** à **832**.
Revillon (L.), 457.
Revington (S.-M.), 554.
Reynier (P.), 551, 878, 921, 1007.
Reynolds (W.-C.), 595, 1011.
Ribadeau-Dumas (L.), 632, 720, 879.
Ribaucourt (Ed. de), 122.
Ribaut (H.), 512.
Ribière (C.), 1001.
Ricco (A.), 724.
Rich (Mlle E.-M.), 965.
Richard, 456.
Richard (Dr J.), 755.
Richardson (F.-W.), 635.
Richaud (A.), 372.
Riche, 168, 415.
Riche (O.), 38.
Richelot (L.-G.), 462.
Richet (Ch.), 463, 511, 922.
Richon (L.), 336.
Richter (O.), 967.
Rieffel (A.), 877.
Rigaud (F.), 33.
Righi (A.), 338.
Rintoul (W.), 337.
Riquoir (G.), 206.
Rispail (L.), 919.
Ristenpart (Dr), 555.
Ritter-Zahony (R. von), 338, 967.
Ritz (W.), 169.
Rivers (W.-H.), 758.
Rivet (L.), 334.
Rivière (Em.), 920.
Robert-Simon, 166.
Robertson (Ph.-W.), 376, 514.
Robinovitch (Mlle L.-G.), 169.
Robinson (R.), 81, 205, 209, 255, 373, 719, 839.
Roche (Ch.), 593.
Rodet (A.), 37, 795, 962.
Rodriguez, 335.
Roger (H.), 123, 124, 251, 292, 335, 336, 511, 592, 720, 793, 921.
Rohr (Dr Moritz von), 164.
Roig (G.), 123, 167.
Rollier, 962.
Romanet du Caillaud (F.), 720.
Romanovitch (M.), 921, 962.
Romme (R.), 838, 959.
Ronchèse, 208.
Roos (L.), 34.
Rosa (E.-B.), 633.
Rosenblatt (M.), 204, 208.
Rosenhain (W.), 172, 964.
Rosenstiehl (A.), 513, 550, 591, 593, 631.
Rosenstiehl (G.), 80.
Rosenthal (G.), 251, 462, 1008.
Rosenthal (J.), 467.
Rosenthal (P.), 79, 252.
Ross (R.), 554.
Rosset, 510, 550.
Rossi (J.), 336, 374.
Rost (H.), 414, 417.
Roataine, 206.
Rothé (E.), 630, 718, 919.
Rothschild (H. de), 168, 251, 512.
Roubaud (E.), 205, 249, 592, 632, 878
Rouchy, 120.
Rouire (Dr), 958.
Roule (L.), 205, 591, 719.
Rouse Ball (W.-W.), 714.
Rousseau (Dr Ernest), 248.
Rousseau Saint-Philippe, 921.
Rousset (H.), **406** à **409**, 728, 765, 800, 972.
Roussy (G.), 336, 374, 879.
Routin (J.-L.), 550.
Roux (Cl.), 34.
Roux (J.), 167.
Roy (Ch.-S.), 965.
Rozet (Cl.), 204.
Rubens (H.), 379, 515.
Rubner (M.), 467.
Rudler (Madeleine), **495** à **505**.
Ruhemann (S.), 255, 677.
Rule (Al.), 677.
Rusnov (P. von), 556.
Russ (F.), 255.
Russ (S.), 294, 1010.
Russell (B.-A.-W.), 758.
Russell (W.-J.), 758.
Russo (Ph.), 552, 1008.
Rutherford (E.), 724, 795.
Rynberk (G. van), 339.

S

Sabatier (Camille), **358** à **367**.
Sabatier (P.), 250, 550, 591, 630, 631.
Sabrazès (J.), 39, 207, 292, 375, 674, 963, 1006.

Digitized by Google

Sacerdote (A.), 339.
Sacquépée, 1005.
Sagnac (G.), 547.
Saint-Philippe (R.), 415.
Sakorraphos (M.), 252.
Saladin (Henri), 838.
Salignat, 79.
Salimbeni, 1005.
Sallard (A.), 717.
Salles (Ed.), 313, 877.
Salmon (J.), 38, 79, 335.
Salmon (P.), 590, 879.
Saltykow (N.), 36.
Salway (A.-H.), 81, 923.
Samec (M.), 635.
Sanadzé (W.), 720.
Sand (H.-J.-S.), 82, 922.
Sande Bakhuyzen (H.-G. van de), 379.
Sanders (G.), 636, 679.
Sanielevici (S.), 550, 590.
Saomon (M.), 552.
Sarasin (Ed.), 550.
Sarasin (Fritz), **303** à **313**.
Sardou (Gaston), 878.
Sartory (A.), 206, 251, 335, 462, 512, 592, 879, 921, 1008.
Sauton, 461, 630.
Sauvageau (C.), 39, 124, 375, 674.
Savariau, 204.
Savornin (J.), 250.
Scagliarini (G.), 724.
Scarpa (O.), 420.
Schaefer (K.), 965.
Schaeffer (G.), 206, 251, 336, 375, 719, 720.
Scheel (Karl), 378.
Scheller (A.), 379.
Schidrowitz (Ph.), 126.
Schieffelin (W.-J.), 635.
Schiller (J.), 84.
Schirokogoroff, 879.
Schlesinger (L.), 122.
Schlomann (A.), 248.
Schmidt (Rudolf), 378.
Schmidt (W.), 211, 338.
Schmiergeld (A.), 632, 674, 720.
Schmutzer (G.), 212.
Schmutzer (J.), 128, 340, 380.
Schneider (G.-E.), 879.
Scholl (E.), 724.
Scholz (A.), 468.
Schottky (F.), 82, 337, 796.
Schoute (J.-C.), 968.
Schoute (P.-H.), 128, 212, 256, 339, 340, 379, 380, 516, 636, 680, 968.
Schreinemakers (F.-H.), 516, 680.
Schrœtter (H.), 468, 724.
Schuloff (R.), 379.
Schultze (O.), 514.
Schulze (F.-E.), 595.
Schumacher (S. von), 679.
Schur (J.), 722.
Schuster (A.), 125, 411.
Schwarz (H.-A.), 678.
Schweidler (E. R. von), 556, 679.
Scorza (G.), 211.
Scott (Al.), 419.
Scott (F.-H.), 923.
Sebileau (Dr), 206.
Seguenza (L.), 420.
Séguier (de), 36, 550.
Seillière (G.), 39, 292, 512.
Sell (W.-J.), 1011.
Sellier (J.), 39.
Senderens (J.-B.), 122, 171, 418, 550.
Senier (A.), 125.
Senter (G.), 466.
Sergent (Ed.), 757.
Sergent (Et.), 757, 1007.
Sérieux (Dr P.), 203.
Serra (A.), 339.
Serrallach (N.), 79.
Severi (E.), 211.
Sevestre, 962.
Sexton (F.-P.), 553.
Seyewetz (A.), 461.
Sézary (A.), 206, 336, 375, 879, 921, 962.
Shattock (S.-G.), 465.
Shaw (W.-N.), 507.
Sheppard (S.-E.), 554.
Sherrington (C.-S.), 294.
Shukoff (I.), 591.
Sicard (H.), 961.
Sicre (A.), 592, 674, 1007.
Sidgwick (N.-V.), 125, 295.
Siebenrock (F.), 84.
Siedentopf (H.), 83.
Siegmund (W.), 924.
Silber (F.), 338.
Silberrad (O.), 965.
Silla (L.), 420.
Simon (Dr), 80.
Simon (L.-G.), 38, 335, 374.
Simon (L.-J.), 591, 631, 633.
Simon (P.), 415.
Simon (Th.), 203.
Simonsen (J.-L.), 554, 965.
Sion (V.), 207.
Sirus-Pirondi (Dr), 123.
Sissingh (R.), 790.
Sitter (W. de), 339, 380.
Sizes (G.), 79.
Skirrow (F.-W.), 419.
Skraup (Zd.-H.), 211, 463, 967.
Slade (R.-E.), 210.
Slatineano (A.), 38, 124, 416, 879, 1008.
Slator (A.), 172, 760.
Slavu (G.), 631.
Smedley (Mlle I.), 82.
Smiles (S.), 81, 125, 295, 514, 595, 923, 965.
Smith (Mlle A.-E.), 210, 554.
Smith (C.), 376.
Smith (E.-F.), 676.
Smith (F.-E.), 171.
Smith (G.-W.), 964.
Smith (S.-W.), 254.
Smith (W.), 419, 634.
Smits (A.), 680.
Soddy (F.), 125.
Solanet (E.), 879.
Sollas (W.-J.), 208, 376.
Sollaud (E.), 839.
Solvay (Ernest), **474** à **478**.
Somigliana (C.), 127.
Soreau (R.), 630.
Sosnowski (J.), 795.
Soubies (J.), 720.
Soulé (E.), 207.
Soulié (A.), 79.
Soulié (H.), 123, 167.
Soulima (A.), 632.
Southcombe (J.-E.), 377.
Spencer (J.-F.), 377, 923.
Spencer (J.-M.), 125.
Sperry (E.-A.), 378.
Spick (A.-E.), 879.
Spillmann (L.), 80, 336, 415.
Stanculeanu (G.), 293.
Stansbie (J.-H.), 419.
Stapf (O.), 758.
Starcovici (C.), 293.
Stark (J.), 678.
Starke (H.), 515.
Steele (B.-D.), 922.
Stefanesco (E.), 124.
Stefani (C. de), 555.
Stein (J.), 128, 718.
Steindachner (F.), 84, 211, 2 5, 338, 379, 468, 556, 724, 924.
Stern (L.), 963, 1007.
Sternek (R. von), 338.
Steubing (W.), 678.
Stewart (A.-W.), 126, 514.
Stock (Alfred), 295.
Stodel (G.), 124, 552, 592, 720.
Stodolkievicz (A.-J.), 757.
Stoecklin (E. de), 591.
Stœrmer (C.), 249, 250, 291, 839, 919.
Stok (J. P. van der), 516, 680.
Stokes (Mlle E.-M.), 125.
Strauch (H.), 556.
Stritar (M.), 211.
Stroobant (P.), 456, 877.
Struthers (R. de J.-F.), 677.
Strutt (R.-J.), 125, 758, 880.
Struve (O.), 83.
Stubbs (J.-A.), 1011.
Studer (J.-S.), 554.
Stuyvaert, 718.
Sudborough (J.-J.), 172.
Sudry (L.), 962.
Suess (E.), 84, 679.
Swarts (F.), 76.
Swellengrebel (N.-H.), 124, 632.
Swinton (A.-A.-C.), 375.
Swyngedauw (R.), 719.
Szczawinska (Mlle W.), 169.
Szilard (B.), 122.

T

Tacconi (E.), 724.
Tammes (Mlle T.), 256.
Tandler (J.), 967.
Tannhäuser (F.), 82.
Tanon, 720.
Tanret (C.), 630.
Tanret (G.), 676.
Tassart (L.-C.), 716.
Tassilly (E.), 44, 716.
Taylor (J.), 81, 377, 1012.
Tchistovitch (N.), 552, 592.
Tedone (O.), 127.
Teisserenc de Bort (L.), 718, 915.
Teissier (J.), 206, 292, 591, 631, 840.
Teixeira (Gomès), 915.
Tempany (H.-A.), 337.
Teppaz (L.), 877, 1006.
Termier (P.), 591, 718.
Terras, 553.
Terrier (F.), 374.
Terroine (E.-F.), 38, 206, 250, 251, 878, 879, 921.
Tertsch (H.), 966.
Tesch (P.), 968.
Thaon (P.), 463.
Theuveny (L.), 375.
Thévenot (L.), 291, 292, 591.
Thiercelin (E.), 124.
Thiesen (M.), 723.
Thiroloix (J.), 251.
Thiroux (A.), 758, 877, 1006.
Thœldte (R.), 1012.
Thoinot (J.), 123.
Thole (F.-B.-T.), 295, 965.
Thomas (F.), 82.
Thomas (N.-G.), 209.
Thomas (Philippe), 548.
Thomas (V.), 293.
Thompson (J.-T.), 378.
Thompson (S.-P.), 209.
Thomsen (Julius), 672.
Thomson (D.), 40.
Thorpe (J.-F.), 172, 758, 922.
Thorpe (T.-E.), 593.
Thoulet (J.), 122, 205, 462, 511, 590, 755, 920.
Thovert (J.), 250.
Turelfall (R.), 554.
Thuau (P.), 207.
Tieghem (Ph. van), 919, 1007.
Tieri (L.), 555.
Tiffeneau (M.), 38, 79, 253, 293, 334, 510, 877.
Tikhoff (G.-A.), 291, 718.
Tilden (W.-A.), 677.
Tinkler (Ch.-K.), 922.
Tison (A.), 631.
Tissot (C.), 75, 370, 416, 630, 718, 919.
Titherley (A. W.), 1011.
Tixier (L.), 124, 168, 252.
Tizard (H.-T.), 125, 293.
Toch (M.), 378.
Toldt (C.), 635.
Toldt (K. jun.), 556.
Tommasina (Th.), 550.
Toniolo (R.), 724.
Tosi (A.), 461, 594.
Touplain, 840.
Townsend (J.-S.), 376.
Tozer (Mlle F.), 553.
Traynard (E.), 250.

Digitized by Google

Trémolières (R.), 921.
Tribondeau (L.), 39, 124, 293, 674, 963.
Tribot (J.), 878.
Trillat (A.), 292, 461, 630.
Trivelli (A.-P.-H.), 380.
Troisier, 37.
Trouessart (E.), 206, 840, 919.
Trouton (F.-T.), 593, 965
Truchot (P.), 508.
Tsakalotos (D.-E.), 510, 551, 965.
Tschermak (G.), 84.
Tscherne (R.), 211.
Tuck (W.-B.), 1011.
Tucker (P.-A.), 964.
Tucker (S.-A.), 377.
Turchini (S.), 461.
Turlais (C.), 251.
Turnau (R.), 924.
Turner (H.-H.), 590.
Turner (W.-E.-S.), 467.
Turot (Henri), 628.
Turpain (Albert), 369, 480, **978** à **982**.
Turro (R.), 552.
Tutin (F.), 209, 514.
Tutton (A.-E.-H.), 759.
Twiss (D.-F.), 40, 877, 922, 923.
Tzitzeica (G.), 167, 718, 1006.

U

Ulrich (K.), 468.
Unna, 1007.
Urbain (G.), 37, 122, 249, 414, 633.
Urechie (C.), 336.
Uven (M. J. van), 967.

V

Vaandrager (B.), 212.
Vaillant (Ch.), 36, 414.
Vaillant (L.), 632.
Vaillant (P.), 291, 373.
Vaillard (L.), 511, 1005.
Valbreuze (M. de), 75.
Valbreuze (R. de), 369.
Valentiner, 1010.
Valéry-Mayet, 206.
Valeur (A.), 37, 122, 631, 676, 920, 963.
Vallée (H.), 123.
Vallot (Henri), 546.
Vallot (Joseph), 546, 590.
Valude (Dr), 374.
Vant Hoff (J. H.), 595.
Vaquez (Dr H.), 50, 511, 840.
Varigny (H. de), 918, 963.
Variot (G.), 632, 719.
Vaschide (N.), 552.
Vasiliu (T.), 512.
Vasnier (H.-A.), 959.
Vasseur (G.), 37.
Vayssière (A.), 463.
Vélain (Charles), 672.
Velev (V.-H.), 81, 255, 1011.
Vérain (L.), 250.
Verdereau (L.), 462.
Verger (H.), 207, 674.
Verneau (R.), 836.
Verneuil (A.), 676, 1006.
Very (E.-D.), 419.
Viallar (Pierre), 548.
Vialleton (L.), 1004.
Viaud (L.), 959.
Vidal (E.), 292.
Vigier (P.), 512.
Vignon (L.), 462, 590, 630.
Vigouroux (Em.), 757, 962.
Vigreux, 633.
Viguier (R.), 204, 462.
Vila (A.), 510.
Villard (P.), 919, 961, 1008.
Villaret (G.), 552.
Villaret (M.), 720.
Ville (J.), 512.
Villeneuve (L. de), 836.
Vincent (H.), 37, 38, 168, 169, 333, 415, 460, 462, 632, 674, 918, 1005.
Vintilesco (J.), 839.
Viola (C.), 420, 555.
Violle (J.), 250, 291, 757.
Viré (A.), 119.
Visme (P. de), 168, 169, 206.
Vitry (G.), 38, 79, 207, 251, 921, 922.
Vlès (F.), 122, 757.
Vogel (Otto), 289
Voghera (G.), 679.
Voigt (W.), 128.
Voigtlaender (F.), 792.
Voisin-Bey, 670.
Vosmaer (G. C. J.), 636.
Voyer (C.), 75.
Vries (J. de), 516, 636.
Vuillemin (P.), 204, 552, 755.

W

Waals (J. D. van der), 516, 680, 968.
Waals jun. (J. D. van der), 680.
Waelsch (E.), 78.
Wagner (R.), 127.
Wahl (A.), 292, 630.
Wake (E.), 377.
Waldeyer, 595.
Walker (J.), 1011.
Wallace (Mlle M.), 723.
Wallace (A. Russel), 506, 795.
Walle (Paul), 716.
Wallerant (F.), 1002.
Walter (L. H.), 758.
Walton (T. U.), 126.
Warburg (E.), 514, 760.
Wassmuth (A.), 255.
Watson (H. E.), 840.
Watson (W.), 209.
Watt (H. E.), 760.
Watteville (C. de), 36, 208, 334, 373, 461, 591, 718.
Watts (F.), 337.
Weber (R. H.), 127.
Wechsler (E.), 81.
Wedekind (E.), 676.
Wedensky (N.), 78.
Weeder (J.), 679.
Wegscheider (R.), 556, 635.
Wehnelt (A.), 966.
Weil (Mlle L.), 924.
Weil (M.), 415.
Weill-Hallé (B.), 39, 674.
Weinberg (Boris), 639.
Weinberg (M.), 124, 375, 632, 879, 921, 962, 1007.
Weiss (E.), 211.
Weiss (Dr G.), 203, 252, 292, 335, 336, 374, 674, 963, 1007.
Weiss (O.), 674.
Weiss (P.), 78, **99** à **106**, 170, 961.
Weisweiller (G.), 719.
Weitzenbœck (R.), 468, 724.
Weizmann (Ch.), 255.
Welsbach (C. Auer von), 84.
Welsch (D. A.), 465.
Went (F. A. F. C.), 516, 968.
Wenzel (F.), 84.
Werner (F.), 84.
Wertheimer (E.), 292, 413, 592.
Wesely (F.), 724.
Wesendonk (K. von), 923.
Westergaard (E.), 82.
Westphal (W.), 723.
Weyher (Ch.), 214, 260, 343, **572** à **577**, **974** à **978**.
Wheeler (E.), 796.
Wheeler (R. V.), 126.
Whetham (W. C. D.), 795.
Whitehead (A. N.), 118.
Whitehead (C. S.), 466.
Whittaker (E. T.), 759, 1011.
Whymper (R.), 796.
Wibaut (J. P.), 680.
Wickham (L.), 123, 511.
Widal (F.), 205, 206, 293, 374, 551, 878.
Widdows (Mlle S. T.), 677.
Wiedemann (E.), 596.
Wigand (A.), 923.
Wild (A.), 878.
Wildeman (E. de), 509.
Wilkinson (C. D.), 40.
Wilsmore (N. T. M.), 126, 377, 467.
Wilson (C. T. R.), 634.
Wilson (E.), 513, 721.
Wilson (H. A.), 375, 466.
Winkler (C.), 968.
Winson (V. H.), 721.
Wintrebert (P.), 631, 922, 1007.
Witt (O. N.), **239** à **243**.
Witz (Aimé), **19** à **26**, **47** à **58**, 118, 164, 330, 627, 719.
Wogau (M. von), 966.
Wohlgemuth (H.), 962.
Wolff (J.), 123, 249, 335, 550, 591, 919.
Wologdine (S.), 122.
Woltereck (H. C.), 122, 414, 757.
Wood (J. K.), 172.
Wood (J. T.), 420.
Woodhouse (J. C.), 514.
Wootton (F.), 677.
Worms de Romilly (P.), 834.
Worrall (G. W.), 377.
Woude (W. van der), 636.
Wrede (F.), 467.
Wren (H.), 209.
Wright (A. M.), 82, 126.
Wright (J. E.), 1001.
Wurtz (R.), 509.
Wyrouboff (G.), 1003.

Y

Yamanouchi (T.), 38, 124, 169, 206, 251, 252, 415, 463, 510, 512, 632.
Yates (J.), 514, 1011.
Young (G.), 554.
Young (H.), 555.
Young (W. J.), 514, 676.
Yung (Em.), 36.

Z

Zambonini (F.), 127.
Zangger (H.), 292.
Zappa (G.), 555.
Zaremba (S.), 291.
Zeeman (P.), 128, 212, 340, 516.
Zeiller (R.), 335.
Zeisel (S.), 556.
Zellner (J.), 967.
Zimmermann, 83.
Zimmern, 461.
Zivkovic (P.), 924.
Zolla (D.), **577** à **583**.
Zoni (G. B. de), 338.
Zuckerkandl (E.), 84, 556, 724.

Paris. — L. Martheux, imprimeur, 1, rue Cassette.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

Digitized by Google

Digitized by Google